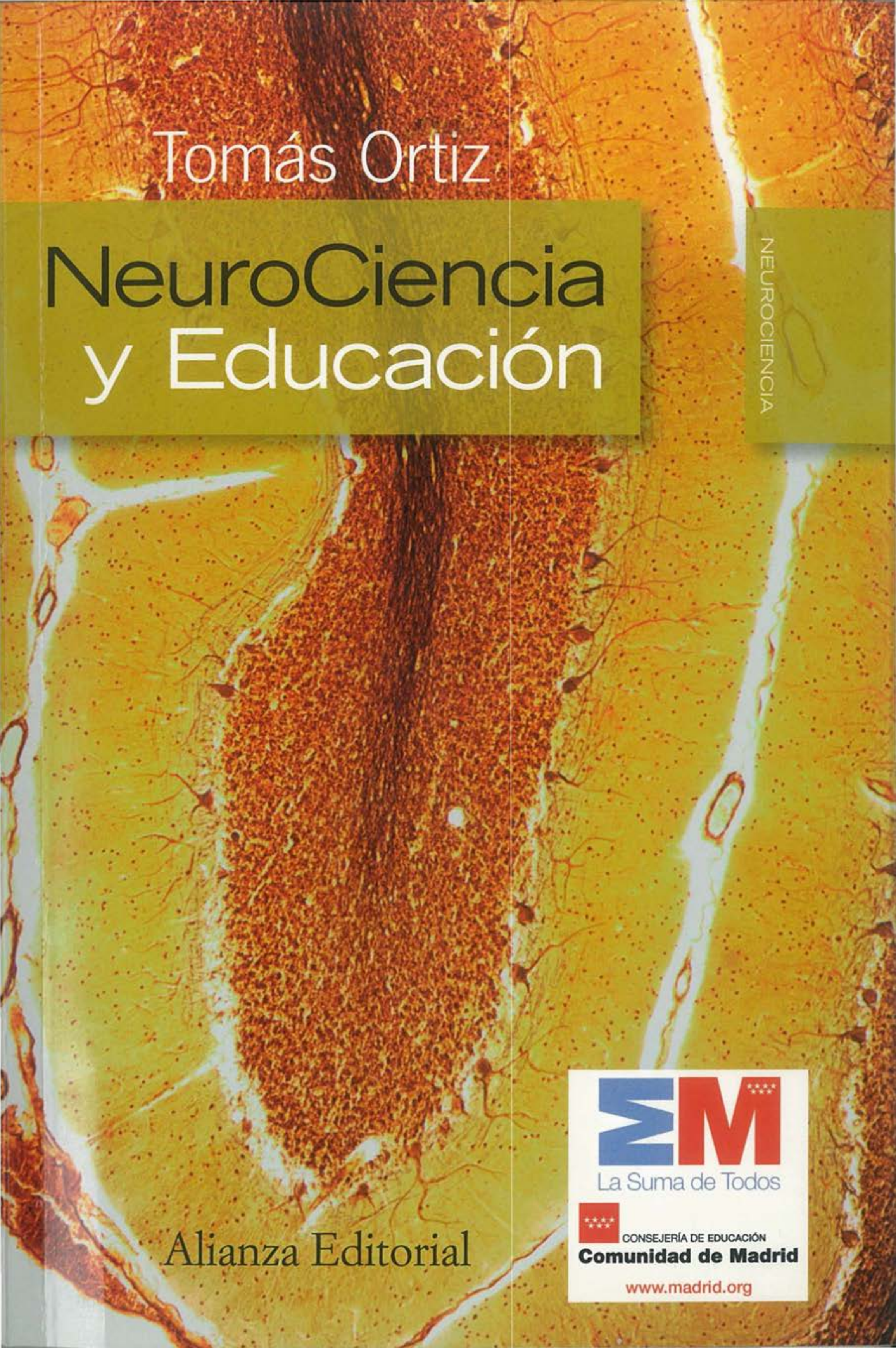

Tomás Ortiz
NeuroCiencia
y Educación
NEUROCIENCIA
Alianza Editorial
La Suma de Todos
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Neurociencia y educación



Tomás Ortiz es doctor en Medicina y en Psicología. Catedrático de Psicología Médica. Director del Departamento de Psiquiatría y Psicología Médica. Director del Centro de Magnetoencefalografía de la Universidad Complutense de Madrid. Autor de libros y artículos publicados en revistas nacionales e internacionales relacionados con el funcionamiento cerebral y los procesos cognitivos.

Foto: *Neuronas de Purkinje* / AGE Fotostock
Cubierta: Fernando Chiralt

Neurociencia y educación

Tomás Ortiz

Neurociencia y educación

Alianza Editorial

ESTA OBRA HA SIDO REALIZADA EN COEDICIÓN CON EL CONSEJO ESCOLAR DE LA COMUNIDAD DE MADRID





Gran Vía, 12, 5.º dcha. 28013 Madrid
Teléf. 914 208 223, www.madrid.org/edupubli

www.alianzaeditorial.es
ISBN: 978-84-206-9774-1
Depósito legal: M. 30.927-2009
Fotocomposición e impresión: EFCA, S. A.
Parque Industrial «Las Monjas»
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)
Printed in Spain



Para padres y maestros,
verdaderos artífices
del desarrollo y modelaje
del cerebro de nuestros niños

ÍNDICE

PRÓLOGO

Todo hombre puede ser, si se lo propone,
escultor de su propio cerebro.

Santiago RAMÓN Y CAJAL

La transición producida progresivamente a lo largo de las últimas décadas, desde la sociedad industrial hacia una sociedad de la información y del saber, ha generado, de forma paralela, un incremento de las expectativas con respecto al papel que los sistemas educativos desempeñan en el progreso de la persona, y en su capacidad de adaptación al nuevo contexto, en el desarrollo económico y en la cohesión social. Hoy más que nunca el conocimiento es considerado como un activo imprescindible, como un recurso primordial o, en términos económicos, como un capital decisivo para procurar sociedades más prósperas.

En este escenario, el discurso político de las intenciones está siendo desplazado, en los países avanzados, por el de los resultados, y el rendimiento escolar se ha convertido en objeto de atención preferente por parte de los responsables políticos, de los organismos internacionales y de la propia sociedad.

Así, es cada vez mayor el número de gobiernos de los llamados «países ricos» que, empeñados en mejorar sus sistemas de educa-

ción y formación, desconfían del poder transformador de los desarrollos legislativos y prefieren poner el acento sobre las acciones propias de un pilotaje efectivo de dichos sistemas, que se apoya en la evaluación del impacto de las políticas y de las prácticas educativas sobre la realidad individual y social. Por otro lado, la adopción de decisiones y la definición de políticas basadas en evidencias e inspiradas, en la medida de lo posible, en datos probatorios y en los resultados consistentes de la investigación, constituyen, en la actualidad, una potente corriente internacional que está avalada por organismos multilaterales, como la Comisión Europea o la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), y que programas —ya mundiales— como PISA no hacen más que alimentar.

Las finalidades básicas de la educación tienen que ver, en primera instancia, con el individuo, con su desarrollo personal y moral, su emancipación a través del conocimiento, la asunción de un acervo común de valores y de normas y su inserción en una tradición cultural de la que es heredero. Junto a ello, la educación y la formación le aportan valor añadido para su propio bienestar y mejoran su integración social.

Pero buena parte de estas finalidades de la educación, centradas en el individuo como persona, refuerzan su significado en un plano más general y tienen implicaciones indudables para la sociedad. En una economía basada en el conocimiento, la educación y la formación mejoran la productividad de los países, reducen sus niveles de paro e incrementan la riqueza nacional. La educación y la formación mejoran la calidad de la democracia, facilitan el ejercicio de la ciudadanía e intensifican la cohesión social.

La globalización ha situado el conocimiento y la información entre sus motores. La revalorización del papel de la mente humana en el progreso económico, su capacidad para generar conocimientos nuevos, incorporarlos a los procesos productivos y aplicar el conocimiento al conocimiento hacen de la educación y de la formación herramientas imprescindibles para adaptarse, con éxito, a esa nueva mutación histórica y para aprovechar su caudal de

oportunidades. El experto norteamericano en tecnologías avanzadas Alan Weber sintetizaba esta nueva situación en los siguientes términos:

> Los fundamentos de la nueva economía no residen en la tecnología, el microchip o en la red global de telecomunicaciones, sino en la mente humana.

Justamente por su implicación directa en la transferencia del conocimiento de un individuo a otro y de una generación a la siguiente, las instituciones educativas son consideradas como organizaciones clave en la sociedad del saber. No obstante lo anterior, el mundo educativo no se halla, por lo general, en condiciones de responder a las presiones sociales, políticas y económicas que se orientan, cada vez con mayor frecuencia, en el sentido de mejorar la calidad de los resultados escolares y hacer de las instituciones educativas organizaciones más eficientes.

Ante esta situación, se produce un cierto divorcio entre los profesionales de la educación y las instancias políticas de decisión. Los primeros consideran, a menudo, que están haciendo todo lo que está en sus manos, e interpretan las demandas de mejora como un signo de desconfianza en su profesionalidad, lo que les produce desánimo y afecta a su moral. Las segundas, ante la impresión de una ausencia de soluciones efectivas procedentes del mundo educativo, se ven tentadas a mirar fuera de él y a importar de otros entornos propuestas que aporten una mayor consistencia empírica, política o intelectual. La transposición al ámbito escolar de los avances producidos en el mundo de las organizaciones, por un lado, o la orientación puramente ideológica de las políticas, por otro, constituyen sendos ejemplos extremos de esas fuentes de inspiración externas al medio educativo pero que inciden decisivamente sobre él.

Junto a los ámbitos de la práctica y de la política educativa, antes referidos, un tercer pilar, que corresponde al mundo de la investigación en educación, no ha gozado a lo largo de estas últimas

décadas, en términos generales, de una mayor fortaleza. Con demasiada frecuencia se ha recurrido a la Psicología y a la Sociología con la intención de buscar en ellas marcos teóricos y conceptuales, propios de las ciencias humanas, que proporcionaran a la educación fundamentos epistemológicos más sólidos y el apoyo inestimable de una mayor legitimidad intelectual.

Lo cierto es que, como señala David H. Hargreaves [1],

> En el momento presente es necesario reconocer que la promesa inicial de las ciencias humanas ha sido incumplida en el ámbito de la educación (...). El hecho de que las ciencias humanas no hayan logrado crear una base de conocimiento para los profesionales de la educación se explica, en buena medida, por su incapacidad para elaborar un convincente equivalente educativo a las ciencias clínicas que permitiera tender un puente sólido entre las ciencias fundamentales y la práctica profesional, de modo que se produjeran mejoras manifiestas en dicha práctica.

Los vértices de ese triángulo de comunidades constituidos, respectivamente, por los investigadores, los prácticos de la enseñanza y las instancias políticas de decisión, de cuya interacción positiva depende, a nivel macro, la mejora de los sistemas de educación y formación, han permanecido durante mucho tiempo aislados en sus desconfianzas recíprocas. Como a este respecto señalan Hillage *et al.* [2]:

> La ausencia de diálogo eficaz y de comprensión entre investigadores, decisores políticos y prácticos de la educación se ejemplifica en el hecho de que la mayor parte de los investigadores han tenido, con frecuencia, la impresión de que los programas de investigación propues-

[1] Hargreaves, D. H. (2000). «La production, le transfert et l'utilisation des connaissances profesionnelles chez les enseignants et les médecins: Un analyse comparative». En *Société du savoir et gestion des connaissances,* París, OCDE.

[2] Hillage, J.; Pearson, R.; Anderson, A., y Tamkin, P. (1998). *Excellence in Research in Schools.* Londres, Department for Education and Employment (Gobierno del Reino Unido).

tos estaban demasiado orientados hacia la política o hacia la práctica, mientras que los prácticos y los decisores tenían justamente la impresión opuesta.

Sin embargo, en la última década, la comunidad internacional, bajo el impulso de los países más avanzados, ha introducido un giro sustantivo en los enfoques; giro del que han sido protagonistas no sólo los propios gobiernos sino también algunos representantes clarividentes de la academia. Se ha dedicado esfuerzo y atención a los análisis comparados entre las bases de conocimiento de la educación y de la medicina, o de la educación y la tecnología, por ejemplo, con el fin de encontrar algunas pistas que orienten a los profesionales de la enseñanza, a los investigadores y a las instancias políticas de decisión hacia la elaboración de modelos efectivos de producción y consolidación de conocimiento experto en educación; modelos que superen el carácter difuso, y frecuentemente puesto en cuestión, de las bases de conocimiento educativo y de sus fundamentos.

En este contexto, el Centro para la Investigación e Innovación Educativas (CERI) de la OCDE puso en marcha en 1999 una iniciativa internacional materializada en el proyecto que lleva por título «Ciencias del aprendizaje e investigación sobre el cerebro». Su objetivo fundamental era aproximar al mundo de la educación los avances que, ya por entonces, se iban acumulando en el ámbito de las neurociencias.

El desarrollo de técnicas no invasivas de diagnóstico, que permiten construir imágenes relativas a la activación de diferentes áreas cerebrales como consecuencia de procesos cognitivos o emocionales, ha ido aportando información significativa y hallazgos relevantes para comprender, desde sus fundamentos, los procesos de aprendizaje y orientar mejor las políticas y las prácticas educativas.

El acercamiento entre el mundo de la neurociencia y el de la educación, habida cuenta de sus respectivas bases epistemológicas y del carácter complementario de sus correspondientes finalidades, resultará de utilidad para ambos. Así, los profesores y maes-

tros, por su continuo contacto con niños y adolescentes y debido a su espíritu observador —en el que se fundamenta precisamente el desarrollo del «arte de enseñar»—, están especialmente capacitados para identificar comportamientos regulares y rasgos consistentes en los aprendizajes, cuya trascendencia requeriría disponer de una sólida explicación científica; dicha explicación no sólo mejoraría la calidad de su práctica docente, sino que permitiría extenderla con seguridad a otros profesionales y colegas. Por su parte, los investigadores en educación están en condiciones de aportar aquel conocimiento consolidado y de base empírica —aunque las más de las veces de carácter descriptivo— que emerge de las grandes revisiones o síntesis de la literatura especializada. Ambas fuentes de conocimiento experto aportarían a los neurocientíficos hechos y problemáticas relevantes sobre los que centrar una investigación científica basada en disciplinas fundamentales que, a su vez, podría identificar, a nivel cerebral, procesos vinculados a tales hechos y aportar al respecto explicaciones útiles. Por su parte, los decisores políticos dispondrían de soportes más firmes sobre los que fundamentar sus opciones.

Los teóricos de la gestión del conocimiento no dudan a la hora de apostar por este tipo de «fertilización cruzada» entre especialistas de diferentes campos cuyos intereses convergen en un área determinada del saber puro o aplicado y cuyas competencias y visiones respectivas se complementan recíprocamente. Para describir, sobre la práctica, las ventajas de esta aproximación se alude con frecuencia al «caso Silicon Valley» a modo de ejemplo de cómo la interacción en el seno de una red social favorable a la comunicación horizontal —donde unos aportan a los otros (empresas, universidades, centros de investigación, equipos de trabajo, proveedores y clientes) los conocimientos necesarios para definir un proyecto de investigación o para alumbrar una innovación— puede explicar el éxito colectivo que, en materia de desarrollo tecnológico, ha supuesto esa región del norte de California.

Este mismo planteamiento se puede transponer al ámbito que nos ocupa, para el que ya se postula la lenta pero inevitable emer-

gencia de un campo transdisciplinar propio: el de la «Neurociencia de la educación».

Indudablemente, el camino es largo y difícil. La complejidad de los factores que influyen en el aprendizaje escolar —genéticos, instructivos, contextuales, biográficos, etc.— y de sus interacciones nos advierten, a simple vista, sobre la distancia que, en el momento presente, separa el mundo de la investigación fundamental del que es propio, en todos sus detalles, de las políticas y de las prácticas educativas.

Los desafíos de carácter ético resultan, asimismo, bastante evidentes. Además, la falta de experiencia probada, tanto en el ámbito científico como en el de las administraciones y estructuras educativas, en la aplicación de enfoques transdisciplinares —que aúnen, en pos de un mismo objetivo y en el seno de un mismo marco teórico, el trabajo científico (neurociencia, ciencia cognitiva y ciencias de la educación) y el de los prácticos de la enseñanza— constituye otro de los obstáculos que será preciso superar. Pero no cabe ninguna duda de que estamos ante una apuesta cierta de futuro para la mejora de la educación.

Con el fin de evitar planteamientos simplistas o expectativas excesivamente cientifistas, la propia OCDE nos advierte de lo siguiente[3]:

> El aprendizaje basado en el cerebro no es una panacea que resolverá todos los problemas de la educación. No obstante, las investigaciones dirigidas a la comprensión del aprendizaje y desarrolladas desde esta perspectiva pueden indicar ciertas direcciones a los especialistas, a los decisores políticos y a los prácticos de la educación que desearían disponer de una enseñanza y un aprendizaje mejor fundados. Dichas investigaciones ofrecerán, además, mejores oportunidades a niños, jóvenes y adultos que padecen dificultades de aprendizaje.

Así lo han visto países avanzados como Alemania, Japón, Países Bajos, Estados Unidos, Dinamarca o Reino Unido; estimulados,

[3] OECD (2002). *Understanding the Brain. Towards a new Learning Science.* París, OECD.

en cierta medida, por la idea del CERI de la OCDE, han emprendido iniciativas nacionales de diferente formato y envergadura que comparten, no obstante y en lo esencial, ese objetivo general consistente en aproximar el mundo de la neurociencia y el mundo de la educación.

Alemania creó en 2004 el «Centro para la transferencia entre neurociencia y aprendizaje» (ZNL) en el que un equipo multidisciplinar se ocupa del estudio de problemáticas tales como la dislexia, la actividad física y el aprendizaje, el aprendizaje y las emociones, el aprendizaje y la memoria, la consolidación de la memoria o el aprendizaje y la nutrición.

Japón, a través del «Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología para la Sociedad» (JST-RISTEX), está efectuando estudios longitudinales de cohortes, con un gran potencial científico, sobre temáticas diversas relacionadas con la neurociencia y el aprendizaje; entre ellas cabe citar la importancia relativa de los factores genéticos y ambientales y de sus interacciones, la especialización cerebral y el aprendizaje de las lenguas, la motivación y la eficacia de los aprendizajes, los mecanismos de desarrollo de la sociabilidad y de las competencias sociales en el niño o las funciones cerebrales en las personas normales de cierta edad y en los niños con problemas de aprendizaje, entre otros.

Los Países Bajos crearon en 2002 el «Comité Cerebro y Aprendizaje» destinado a promover un intercambio activo de conocimientos y experiencias entre neurocientíficos, científicos cognitivos, investigadores en ciencias de la educación y prácticos de la enseñanza.

En los Estados Unidos, la escuela de posgrado en Educación de la Universidad de Harvard ha puesto en marcha un programa sobre «Mente, Cerebro y Educación» (MBE) con el fin de conectar la investigación científica con la práctica educativa de un modo semejante a como se conecta la biología con la medicina. Otras universidades e instituciones americanas han iniciado programas semejantes y, sobre esta base, un grupo internacional ha creado en 2004 la Sociedad Internacional para la Mente, el Cerebro y la Educación y fundado la revista *Mind, Brain and Education.* Se

trata, en definitiva, de generar estructuras que permitan a la investigación penetrar en las escuelas y a la práctica educativa entrar en los laboratorios de investigación.

En el Reino Unido la iniciativa ha correspondido a la Universidad de Cambridge, que constituye una referencia mundial en neurociencia fundamental y clínica. En 2005 se ha creado el «Centre for Neuroscience in Education» y, con el fin de promover su presencia en el mundo educativo y de facilitar la transferencia de conocimientos científicos al ámbito de la práctica docente, se ha hecho depender de la Facultad de Educación. Por otro lado, la interacción entre el Centro y los responsables de las políticas educativas ya se está produciendo, en términos de consultas y asesoramiento.

Dinamarca, por su parte, ha puesto en marcha su «Learning Lab Denmark» (LLD), cuyos trabajos se centran en la neurociencia y el aprendizaje y, en particular, en las relaciones entre cerebro, cuerpo y cognición, así como en la formulación de teorías del aprendizaje capaces de integrar los descubrimientos efectuados por la biología evolutiva, la neurociencia y las ciencias cognitivas.

El propio CERI, en colaboración con un grupo de investigadores, ha creado un sitio en internet, www.teach-the-brain.org, cuyo objetivo es favorecer el desarrollo de experiencias docentes fundadas en la investigación neurocientífica. Asimismo, y dirigidos a un público más amplio, están disponibles una base de datos y un foro de discusión en la dirección www.ceri-forums.org/forums.

La Educación constituye una institución social secular que lo va a seguir siendo mucho tiempo más. Aun admitiendo las adaptaciones que las nuevas circunstancias vayan aconsejando en cada momento, resulta imposible desvincularla de la idea misma de sociedad avanzada ni de su propia realidad. La Educación, igual que nos ha precedido, nos sucederá. Por tal motivo, contribuir a la preparación de su futuro, aunque apunte a un horizonte relativamente lejano, apostar por el bienestar de las próximas generaciones, aun cuando no lleguemos a conocerlas, adquiere un sentido profundamente humano que resulta, cuando menos, difícil de cuestionar.

El año 2008, el Consejo Escolar de la Comunidad de Madrid, como órgano superior de consulta y de participación en materia de enseñanza de dicha Comunidad Autónoma, inició, en el marco de su Plan de Actuación, una actividad institucional orientada por tales principios mediante la creación de los Coloquios «Pensar el futuro». En este marco, nos pareció que el tratamiento de las relaciones entre neurociencia y educación se acomodaba perfectamente a nuestros objetivos, de modo que proporcionó el contenido de la primera edición de dichos coloquios. No se trataba de realizar un ejercicio meramente teórico de prospectiva, sino de apuntar hacia una temática con sólidos fundamentos y jugosos beneficios potenciales, tanto para los alumnos, sujetos individuales e irrepetibles de la educación, como en la esfera social.

El libro *Neurociencia y educación*, que me honro en prologar, es producto natural de esa iniciativa. El Profesor Dr. D. Tomás Ortiz Alonso, Catedrático de Psiquiatría de la Universidad Complutense de Madrid, Director del Centro de Magnetoencefalografía «Dr. Pérez Modrego» de esta Universidad y conferenciante principal en dichos Coloquios, ha asumido el reto de elaborar una obra tan completa y fascinante como la que tienen en sus manos. Alianza Editorial ha participado en el proyecto con entusiasmo y convicción, que se han visto trasladados al papel en una edición cuidada.

La Consejería de Educación ha apoyado desde el principio la presente publicación. Su papel institucional y las responsabilidades que le son propias hacen que esté particularmente atenta a las innovaciones que se producen en el plano nacional e internacional en materia educativa y sea especialmente sensible a todas aquellas aportaciones bien fundamentadas y orientadas en favor de la calidad de la educación. La aprobación de la obra por su Consejo Editorial y su incorporación al Plan Editorial de la Consejería, bajo la fórmula de coedición, constituyen la expresión de ese apoyo decidido del que el proyecto se ha beneficiado.

Todo este esfuerzo colectivo ha estado estimulado y, en lo esencial, espontáneamente justificado por el profundo significado de

un propósito común: contribuir al futuro de nuestro país mediante la mejora de nuestra educación.

Con relación a otras, la presente obra ha puesto deliberadamente el acento sobre el papel de las familias en el logro de un desarrollo equilibrado del cerebro de los niños en los planos cognitivo, emocional y social. Los enfoques internacionales han situado, por lo general, el énfasis en los decisores, los investigadores y los prácticos de la enseñanza, como pilares fundamentales para el avance de la educación a través de la neurociencia. No obstante, los resultados disponibles de la investigación neurocientífica nos alertan sobre el papel esencial de los padres y de sus posibilidades de incidir positivamente en la evolución cerebral de sus hijos, a través de los valores, que contribuyen tanto a la estabilidad como a la resistencia emocional, les prepara para la vida y operan, por mediación de aquéllas, sobre la mejora de los logros escolares; por efecto de los hábitos de vida, que facilitan un desarrollo ordenado de los procesos de interconexión neuronal; mediante las pautas nutricionales, que contribuyen positivamente a la fisiología cerebral; o cuidando las prácticas culturales y paraescolares del medio familiar, lo que favorece el desarrollo intelectual de los niños, enriquece su potencial cognitivo y estimula su creatividad.

Finalmente, cabe señalar que esta iniciativa se vería colmada con creces en sus intenciones si, además de sensibilizar a padres y profesores, ayudara, siquiera fuese mínimamente, a promover en los poderes públicos o en instituciones privadas, dentro del ámbito autonómico o a escala estatal, la reflexión primero y la acción después, sobre la pertinencia y la oportunidad de acercar en nuestro país, de un modo organizado, el mundo de la neurociencia a los desafíos que, para la preparación de las nuevas generaciones, comporta la educación del futuro.

Francisco LÓPEZ RUPÉREZ
Presidente del Consejo Escolar
de la Comunidad de Madrid

AGRADECIMIENTOS

Muchas son las personas a las que tengo que agradecer el haber escrito este libro, desde mis maestros en el conocimiento del cerebro, tanto en la vertiente neurofisiológica como en la neuropsicológica hasta mis colaboradores que han mantenido, a lo largo de muchos años, el estímulo y la motivación por aprender cada día más, en especial a Alberto Fernández y Fernando Maestú, colaboradores de tantos y tantos años con los que he pasado los mejores momentos de mi vida estudiando, investigando y discutiendo la importancia del cerebro en las funciones cognitivas. Sobre todo, me gustaría dejar constancia de mi agradecimiento en primer lugar a mi familia, en especial a mi mujer, que han soportado durante meses mi aislamiento y falta de comunicación como consecuencia de las largas horas dedicado a elaborar y escribir este libro. Tengo que dar las gracias a Ángel Peña, por su apoyo y supervisión de los temas y figuras relacionados con la neuroanatomía. A Laura Ortiz por la ayuda en la elaboración de las figuras del libro. También quiero agradecer a Pablo Campo el apoyo en

el tema de la memoria, a David del Río en el del lenguaje, a Montserrat Valero por su aportación en el diseño de los ejercicios de las funciones motrices. Este libro no podría haberse llevado a cabo sin la importante e imprescindible colaboración de Verónica Ruiz, tanto en la corrección de notas, errores y organización del libro como en la supervisión de todas las referencias bibliográficas del mismo. Por último, aunque no menos importante, tengo que dar las gracias a Francisco López Rupérez, presidente del Consejo Escolar de la Comunidad de Madrid, quien no solamente ha leído, corregido, aportado ideas al libro sino que ha sido un gran impulsor del mismo desde el primer día. Este libro no hubiera visto jamás la luz del día si no hubiese sido por la inquietud, el interés y la motivación de Francisco en introducir la neurociencia en el ámbito educativo.

INTRODUCCIÓN

El tratar de integrar los conocimientos del cerebro y aplicarlos a la educación constituye un trabajo muy arduo, difícil y de gran complejidad. Por un lado, la educación no es una disciplina que tenga como objetivo la investigación y por ello, desde un punto de vista científico, dispone de una limitada capacidad explicativa o predictiva; por otro, no disponemos de un conocimiento claro de cómo funciona el cerebro en ambientes de aprendizaje escolar, sobre todo si consideramos el cerebro desde el enfoque temporal en el cual se están dando constantemente patrones de actividad neuronal que permiten una amplia red de conexiones para poder explicar una determinada función, comportamiento o acción y si entendemos el aprendizaje como una serie de conexiones nuevas que organizan una nueva red neuronal o el fortalecimiento de parte de las ya existentes. A la vista de lo anterior, las dificultades en entender el proceso neuroeducativo se acentúan mucho más.

El objetivo primordial de este libro es la aproximación del mundo de la neurociencia a la práctica diaria de la enseñanza en

niños y adolescentes. A lo largo de sus páginas trataremos de exponer los últimos conocimientos del cerebro en relación con los procesos de aprendizaje y desarrollo durante la niñez y la adolescencia y cómo estos avances científicos pueden influir en la enseñanza y en la educación. Ojalá la lectura de este libro tuviese alguna influencia sobre las políticas educativas. Sin embargo nuestro objetivo, más modesto, consiste en estimular a padres y profesionales de la enseñanza a que se interesen y amplíen sus conocimientos sobre los avances en el estudio del cerebro, puedan utilizar un mismo lenguaje y participar conjuntamente en futuros desarrollos de programas neuropedagógicos, que indudablemente tendrían un enorme impacto individual y colectivo tanto por su eficacia como por su rentabilidad social.

No es la pretensión de este libro sustituir a los pedagogos o maestros en sus tareas docentes y educadoras, entre otras razones porque los conocimientos del autor en el campo son muy limitados. Solamente pretendo compartir con ellos ciertos descubrimientos sobre el cerebro que les ayuden a poner a punto sus sistemas de enseñanza y contribuir así a la mejora de los aprendizajes de niños y adolescentes.

No obstante lo dicho, entiendo que el propósito de la educación en esta etapa de la vida no consiste únicamente en mejorar los sistemas de enseñanza y aprendizaje sino que se trata de algo más complejo que tiene que ver con un proceso de desarrollo integral del niño y del adolescente y de su incorporación progresiva a la sociedad. Saber convivir en paz y armonía con los demás, saber valorar las discrepancias y entender a los otros por muy distantes que se encuentren en sus posiciones y razonamientos, asumir la importancia de valores tales como la responsabilidad, el esfuerzo, el trabajo en equipo, la tolerancia, el respeto mutuo, la confianza, y desarrollar la organización del conocimiento y la capacidad de solución de problemas, etc. son valores que deben ser adquiridos y enseñados en esta etapa de la vida. En resumen, el aprendizaje escolar es algo más que la adquisición de una suma de conocimientos, es la etapa idónea para afianzar aptitudes, valores

y actitudes que serán la base de una vida adulta satisfactoria. En este sentido los estudios del cerebro nos indican que para ello se hace necesario:

- Una buena adaptabilidad emocional, imprescindible para controlar e integrar adecuadamente los procesos de aprendizaje.
- El esfuerzo en la experiencia o en la acción en los aprendizajes para asegurar su efectividad a lo largo de la vida.
- Basar más la enseñanza en la resolución de problemas, en la toma de decisiones, en aprender a pensar y no sólo en pretender aumentar los conocimientos o la información por sí mismos.
- Organizar la enseñanza sobre la base del desarrollo individual del cerebro más que a partir de programas pedagógicos previamente establecidos.

No se trata de que los niños en una clase determinada reciban muchos conocimientos, sino que sería más acertado que sobre la base de unos *pocos conocimientos bien seleccionados, el profesor enseñe a manejarlos*, a integrarlos en contextos de la vida cotidiana, a generar estrategias de resolver los problemas que se le plantean, o, en última instancia, saber *cómo organizar la información de forma consecuente con el problema y la situación*, en fin, que el maestro dedique más tiempo a enseñar el «cómo» que a aumentar el «qué». Esto debería ser así porque las redes neuronales que se implican en el «cómo» son mucho más complejas organizadas y flexibles que las que se implican en el «qué» que son más simples, sencillas, estables y menos distribuidas en el cerebro.

El aprendizaje de los niños es mucho más rápido que el de los adultos, lo cual no significa que sea más efectivo, de hecho un adulto con menos información es capaz de dar respuestas mucho más coherentes que el niño o el adolescente, porque el adulto aprende mediante modelos que ya tiene integrados en amplias redes neuronales (el «cómo») y es capaz de llevar a cabo múltiples

decisiones y ejecutar funciones cognitivas a partir de poca información (el «qué»). Para disponer de un ambiente enriquecido que permita un buen aprendizaje se hace necesario tener en cuenta, además de los contenidos propios del sistema de enseñanza, las motivaciones, la confianza del niño en sí mismo, la autoestima, la adaptabilidad emocional, ya que existen conexiones cerebrales importantes entre las áreas emocionales y las perceptivas, que son clave en los procesos del aprendizaje escolar.

Es cierto que en esta etapa de la vida resulta necesario aprender a leer y a escribir, conocer las matemáticas, las ciencias sociales, etc., y también es cierto que existen alteraciones en los procesos de aprendizaje en ciertos niños como consecuencia de alteraciones cerebrales que habremos de identificar, analizar y remediar mediante programas específicos y adaptados a cada problema psicopedagógico en sí mismo. En este sentido, determinados descubrimientos de la neurociencia permitirán mejorar enormemente el sistema de enseñanza a fin de lograr un mejor aprendizaje. Tal vez el objetivo más importante de la neurociencia, en el campo de la educación, sea la posibilidad de modificar y modular las estructuras cerebrales que subyacen a los diferentes procesos de aprendizaje mediante un sistema de enseñanza coherente con el desarrollo del cerebro. No obstante, aunque esto mejoraría sustancialmente la eficacia de los procesos de aprendizaje, no sería suficiente para lograr una buena educación. Como dije anteriormente, el niño debe ser educado para conseguir una buena integración en la sociedad en la que le ha tocado vivir.

Estoy seguro de que conocer cómo el cerebro elabora la información, la aprende, la procesa, la ejecuta y procede a la toma de decisiones será de una gran ayuda para la enseñanza específica de procesos cognitivos y para la educación general del individuo. A pesar de lo dicho, todavía los neurocientíficos están lejos de poder aplicar los descubrimientos del funcionamiento del cerebro de forma eficiente a la práctica de la enseñanza, entre otras razones, porque aún no se ha conseguido esclarecer las bases neurofisiológicas del propio proceso de aprendizaje y, particularmente, en eta-

pas tan complejas como es la infancia y la adolescencia donde el cerebro se encuentra en pleno desarrollo.

Si consiguiésemos sensibilizar a maestros y educadores sobre la trascendencia que tienen sus enseñanzas en el modelado estructural del cerebro del niño/adolescente, sobre la gran capacidad que tiene el cerebro para reorganizar redes neuronales, para utilizar diferentes áreas compensatorias de otras hipofuncionantes, para colonizar áreas no diseñadas genéticamente para un determinado proceso (por ejemplo los ciegos colonizan áreas parietales de organización espacial mediante la audición, o visuales mediante el tacto) y si consiguiésemos ir de la mano en la organización de programas educativos, podríamos lograr entre todos mejorar enormemente la dinámica cerebral y la capacidad de aprendizaje de nuestros niños. En tal caso habríamos avanzado muchísimo en la educación infanto-juvenil y podríamos dar por bien empleado el esfuerzo que la realización de este libro ha supuesto.

La neurociencia puede ayudarnos, mediante sus conocimientos, a diseñar programas de enseñanza específicos de acuerdo con el currículum escolar, también puede aportarnos datos que nos ayuden a entender el proceso de aprendizaje en el cerebro y por qué determinados entornos educativos pueden funcionar y otros no. Estas reflexiones preliminares sobre las limitaciones y las posibilidades de la neurociencia en la mejora de los aprendizajes escolares nos lleva a la conclusión tentativa de que, probablemente, el objetivo mayor de este libro sea lograr que neurocientíficos, padres y educadores se entiendan mejor, tengan unas mismas fuentes de estudio, adopten un mismo vocabulario, compartan metas educativas consideradas deseables por todos y, particularmente, los padres y los maestros coincidan en un mismo sistema de enseñar y de formar a nuestros niños y adolescentes; en definitiva, contribuir a mejorar nuestros sistemas de enseñanza a la luz de los nuevos conocimientos del funcionamiento cerebral.

La neurociencia todavía no dispone de los suficientes conocimientos como para poder explicar los distintos parámetros de los que depende un aprendizaje efectivo e influir decisivamente sobre

CAPÍTULO 1

NEURODESARROLLO Y FUNCIONES COGNITIVAS

El cerebro, durante las etapas que se corresponden con la niñez y la adolescencia, experimenta cambios importantes que no están tan directamente relacionados con el aumento del número de neuronas sino con las conexiones neuronales tanto entre neuronas cercanas como entre grupos de neuronas situadas a larga distancia; es una etapa en la que la neurona desarrolla una gran cantidad de conexiones. Empleando un símil procedente de la botánica, diríamos que la neurona que aparece como un árbol desnudo en otoño se va a convertir en estas primeras etapas de la vida en el mismo árbol pero con el aspecto que adquiere en primavera, lleno a rebosar de hojas, retoños y ramas que lo agrandan y lo comunican con otros que están a su alrededor. En este sentido, la neurona se convertiría en ella misma pero estableciendo múltiples conexiones con otras neuronas; si el educador dirige bien esta explosión de conexiones estará moldeando, dirigiendo y reorganizando el cerebro en torno a un proceso educativo bien definido. En términos escultóricos cabría decir que es-

tará esculpiendo el cerebro de los niños para el logro de una verdadera obra de arte.

Dos procesos neurobiológicos están íntimamente implicados en esta etapa con el desarrollo cognitivo, uno la plasticidad neuronal y otro el desarrollo cíclico con sus períodos críticos y períodos sensibles.

Plasticidad cerebral

En el proceso de maduración cerebral las neuronas llevan a cabo diferentes procesos neurobiológicos. Así, muchas sinapsis pueden ser generadas (sinaptogénesis), otras pueden ser eliminadas *(prunning)*, pueden generarse nuevas conexiones en los mismos terminales o en terminales cercanos a los de otras neuronas (dendrogénesis), pueden conectarse nuevas neuronas distantes entre sí (mielogénesis) o muchas conexiones pueden ser estructuradas y/o afianzadas en base a la información sistemática recibida y por último pueden también generarse nuevas neuronas (neurogénesis).

Estos procesos neurobiológicos tienen enorme importancia para la enseñanza puesto que la gran mayoría de este incremento espectacular de conexiones neuronales no tienen una finalidad específica y solamente la estimulación ambiental conseguirá una dirección concreta sobre todo mediante el posterior podado o *prunning*, bien sea cuantitativo, en cuanto al número de sinapsis, o cualitativo en cuanto a la calidad de las conexiones (1). La eliminación de sinapsis no se da uniformemente en todo el cerebro sino que varía en función de áreas concretas, por ejemplo las áreas frontales, tan importantes en el proceso educativo, sufren un paulatino podado hasta la adolescencia o inclusive más tarde. Es más, durante el período adolescente estas áreas anteriores son las que más profundos cambios soportan en comparación con las áreas posteriores del cerebro. Ello significa que la enseñanza en esta etapa de la vida es de suma importancia pues ofrece la oportunidad

de definir aquella dirección en la que el cerebro va a mejorar sus conexiones con diferentes áreas cerebrales fortaleciendo unas y debilitando otras.

Un hallazgo científico importante sobre este tema que merece ser considerado es el de las redes neuronales que por defecto *default network* se ponen en marcha y que son tan importantes en el cerebro adulto, dada su capacidad de interconexión de regiones pero que experimentan un proceso de desarrollo paulatino hasta la adolescencia. De hecho, en un trabajo reciente llevado a cabo con un grupo de niños y adultos para estudiar la conectividad cerebral mediante resonancia magnética se ha comprobado que hasta los 7-9 años estas redes neuronales están muy poco conectadas, mientras que en los adultos el área prefrontal medial estaría fuertemente conectada con otras regiones de la *default network* como puede ser el cingulado posterior y el córtex parietal (véase figura 1.1) (2). Las implicaciones de lo anteriormente expuesto para la educación son de gran importancia puesto que estas redes estarían reflejando los procesos de introspección o autorreferencia de la actividad mental así como los procesos de atención e integración del medio ambiente. Ambos procesos tienen una gran relevancia, no solamente en el aprendizaje escolar sino también en la maduración de los procesos de adaptabilidad social.

Otro hallazgo importante, que puede influir en los sistemas de aprendizaje, es la complejidad cerebral, por su posible implicación tanto en los procesos cognitivos como en los de la maduración cerebral. Una de las formas de definir intuitivamente el concepto de complejidad cerebral es considerarla como una propiedad que se manifiesta en la estructura temporal de la señal cerebral. La complejidad es sensible a los cambios que se producen en la actividad cerebral a lo largo del tiempo. El cambio es una de las características básicas del cerebro sano, los cerebros más sanos, los cognitivamente mejor preparados, son los más cambiantes. Existen cerebros de niños con determinadas patologías, por ejemplo niños con déficit de atención, que manifiestan un cerebro con una menor complejidad en áreas anteriores, que son consideradas como

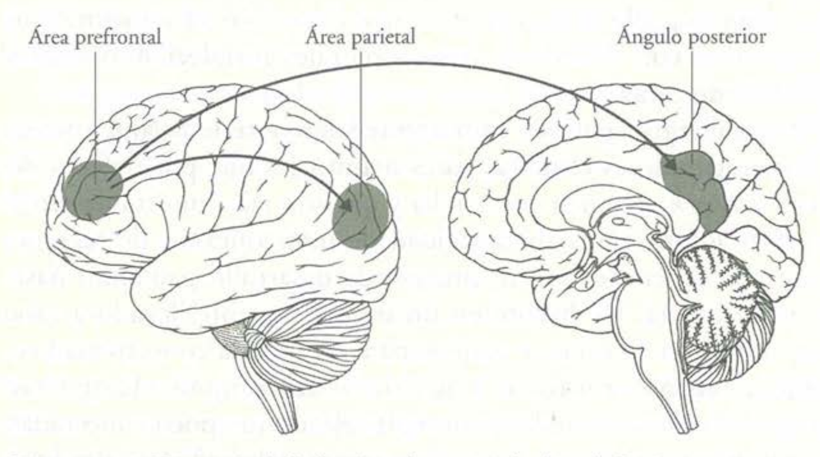


Figura 1.1. Conectividad funcional en estado basal. La imagen muestra una gran conectividad en el grupo de adultos entre las áreas prefrontales y las áreas parietales y cingulado posterior que se diferencian significativamente del grupo de niños en el que no aparece dicha actividad. Figura elaborada a partir de Fair y cols. (2008).

patológicas en este tipo de niños. Un aspecto característico de esta medida cerebral es que a lo largo del tiempo va cambiando, de hecho es más complejo el cerebro de los jóvenes que el de los niños, también se comprueba que el sexo influye en esta variable de tal forma que a la misma edad el cerebro de las niñas muestra una mayor complejidad que el de los niños (véase gráfico 1.1) (3). Esta variable de complejidad cerebral traslada una gran carga de significado al ámbito de la enseñanza por su gran sensibilidad y la magnitud de sus cambios a lo largo del tiempo y podría ser una variable objetiva del funcionamiento cerebral durante la etapa escolar.

Es importante resaltar la existencia de dos líneas diferentes en los procesos de maduración que pueden tener una gran incidencia en el proceso educativo, una concierne a la materia gris y la otra a la materia blanca de tal forma que mientras que la materia gris

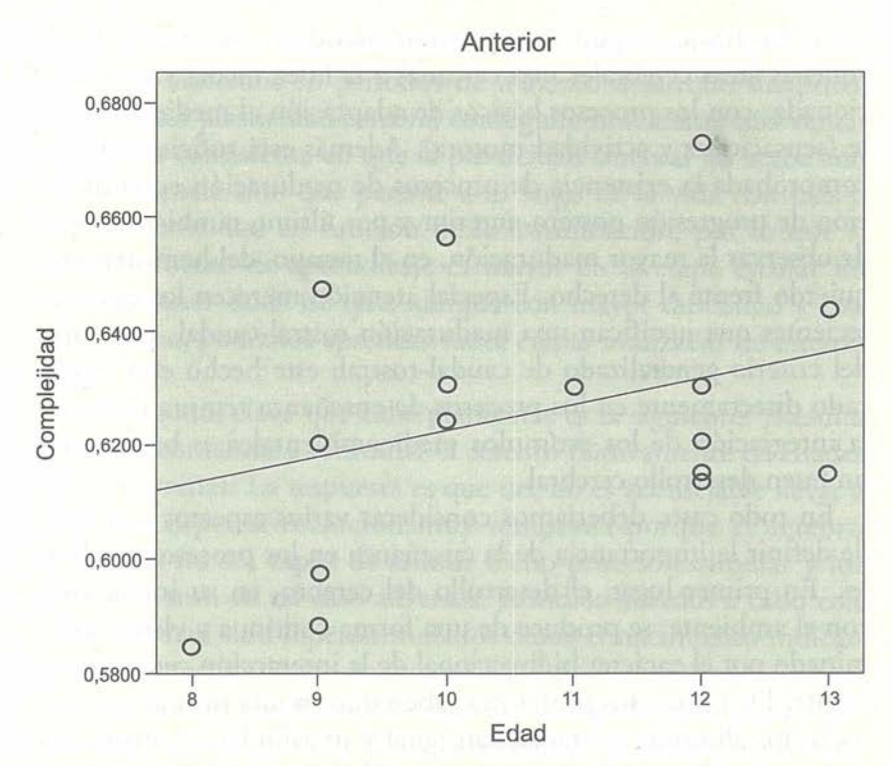


Gráfico 1.1. Evolución de la complejidad cerebral Lempel-Ziv en niños normales. La gráfica muestra la evolución de la complejidad en áreas anteriores corticales; a medida que avanza la edad, se aprecia una mayor complejidad cerebral.

tiene su gran incremento en áreas prefrontales entre los 4-12 años, la materia blanca aumenta paulatinamente desde la infancia hasta la juventud, principalmente por la mielinización de los axones córtico-corticales.

Otro aspecto a tener en cuenta en el desarrollo cerebral es el hecho de que se trata de un proceso heterocrónico, es decir, que distintas regiones maduran en distintos momentos temporales, por lo que la enseñanza debería tener en cuenta estos aspectos a la hora de introducir en el currículum educativo diferentes materias

de aprendizaje. Según este proceso maduran en primer lugar aquellas áreas cerebrales más cercanas a la línea media y más relacionadas con los procesos básicos de adaptación al medio ambiente (sensaciones y actividad motora). Además está suficientemente comprobada la existencia de procesos de maduración en la dirección de progresión postero-anterior y por último también se puede observar la mayor maduración, en el tiempo, del hemisferio izquierdo frente al derecho. Especial atención merecen los estudios recientes que justifican una maduración rostral-caudal, en contra del criterio generalizado de caudal-rostral: este hecho está implicado directamente en los procesos de enseñanza temprana donde la integración de los estímulos medioambientales es básica para un buen desarrollo cerebral.

En todo caso, deberíamos considerar varios aspectos a la hora de definir la importancia de la enseñanza en los procesos cerebrales. En primer lugar, el desarrollo del cerebro, en su interacción con el ambiente, se produce de una forma continua y viene determinado por el carácter bidireccional de la interacción cerebro-ambiente. De hecho, los profesores saben que en una misma clase no todos los alumnos interaccionan igual y ni asimilan la misma información ni, por supuesto, aprenden de la misma forma aunque la experiencia del profesor y la materia a impartir sea para todos igual. Además de la genética, que es una gran fuente explicativa de la capacidad de integración de los procesos cerebro-ambiente también la motivación, el estado emocional, el estado físico-cerebral, entre otros, constituyen fuentes importantes que interfieren o favorecen dicha interacción.

Por lo tanto, ha de dejarse constancia de que el cerebro está continuamente percibiendo, analizando, procesando e integrando información, lo que lleva a cambios en las conexiones y redes neuronales siempre y cuando dicha estimulación esté integrada bidireccionalmente entre el cerebro y el ambiente. Dicho de otra forma, la plasticidad cerebral va a depender de la estimulación ambiental a la que esté sometido el cerebro en cuestión, en palabras de Hebb, uso/desuso son determinantes en las conexiones ce-

rebrales, es decir, cuanto más usemos nuestro cerebro, y sobre todo si lo hacemos en períodos de máximo desarrollo sináptico, más y mejor plasticidad cerebral conseguiremos. Existe una ventaja añadida consistente en que la plasticidad cerebral no acaba con la adolescencia sino que persiste a lo largo de la vida con más o menos intensidad en función de la estimulación, por lo que si bien el proceso de aprendizaje es mayor en la etapa escolar no cabe la menor duda de que, aunque con mayor dificultad y con más tiempo, podemos aprender hasta etapas avanzadas de nuestra vida.

La pregunta clave que cabe plantearse es la siguiente: ¿Resulta necesario comenzar a estimular el cerebro masivamente en edades muy tempranas? La respuesta es que no, no es aconsejable llevar a cabo una hiperestimulación muy temprana porque el cerebro puede que no sea capaz de asumir dicho proceso estimular y los resultados sean en tal caso adversos. Estudios llevados a cabo con niños que han sido hiperestimulados desde el nacimiento indican que la hiperestimulación precoz no ha dado los resultados esperados, más bien el resultado a lo largo del tiempo ha sido pobre. Por otro lado, a lo largo de la historia ha habido grandes genios cuya etapa escolar ha comenzado tardíamente, para ser más claros nuestros padres o abuelos comenzaron la enseñanza mucho más tarde que nosotros y los resultados han sido muy buenos. Con esto quiero dejar constancia de que es mejor conseguir un ambiente estimular rico dentro de una normalidad familiar y escolar sin necesidad de acudir a estrategias de hiperestimulación continuada a lo largo de todo el día. Nuestro cerebro necesita descanso para poder elaborar adecuadamente la información y no solamente durante el sueño sino a lo largo del día. Es más aconsejable estimular el cerebro de los niños de forma lenta y con tiempos de descanso que de forma rápida e intensiva.

El tiempo, frecuencia y tipo de estimulación, así como los períodos de descanso serán claves para un buen desarrollo del cerebro en esta etapa infantil. No olvidemos que el estado basal del cerebro de estos niños es mucho más lento que el de las personas

mayores, las ondas cerebrales lentas (delta y theta) superan a las ondas rápidas (alfa y beta). La estimulación ordenada y dirigida en esta etapa de la vida originará no solamente más conexiones y redes neuronales sino que éstas serán más certeras y específicas, en cambio, la hiperestimulación conseguirá más sinapsis y conexiones neuronales sin una dirección especial.

Lo que queremos dejar claro es que un ambiente rico en estímulos es básico para un buen desarrollo cerebral ya que un ambiente deprimido conlleva consecuencias desastrosas para el cerebro, hecho que dificultará los procesos cognitivos a lo largo de la vida (4). Ahora bien, lo que entendemos por un ambiente estimular rico no es un ambiente hiperestimulado sin más, puesto que esto no favorece una dirección madurativa específica y orientada a un buen aprendizaje, consideramos un ambiente estimular rico aquel que combina una gran variedad de estímulos novedosos con un ambiente tranquilo, relajado, emocionalmente estable donde el niño tenga tiempo suficiente para la asimilación del ambiente estimular.

Períodos críticos y períodos sensibles

Un aspecto importante en el proceso de desarrollo de nuestro cerebro es el hecho de que se lleva a cabo por ciclos y no de forma lineal, aunque las capacidades cognitivas están lejos de seguir el mismo proceso del desarrollo cerebral, puesto que el desarrollo cognitivo dependerá, en gran medida, de su interacción con el medio. Esto ha dado lugar a que exista una gran controversia entre los psicologos cognitivistas y los neurocientíficos referente a la utilización de los términos de períodos críticos o períodos sensibles, llegando algunos de los psicólogos cognitivistas a decir que no existen períodos criticos, sino solamente sensibles. Probablemente estemos hablando del mismo proceso neurobiológico en diferentes circunstancias y los llamados procesos críticos no sean tan rígidos como lo que se venía diciendo y los períodos sensibles

no solamente se den en los primeros años de vida sino que abarquen toda la vida.

No obstante lo dicho, podríamos hablar de la existencia de «períodos críticos» cuando se da un desarrollo masivo de conexiones neuronales que coincidirían con el tiempo de desarrollo neuroanatómico en el que se puede conseguir un mejor resultado en la estimulación: más orientado a procesos sensoriales, simples, primitivos; se dan en mayor medida en los primeros años de vida, incluso durante el período prenatal (5, 6) y tienen la finalidad de conseguir un cableado neuronal estable que favorece los procesos básicos de adaptación al medio ambiente y genera los mecanismos necesarios para un aprendizaje ágil de los procesos cognitivos más complejos que se llevarán a cabo posteriormente.

En los primeros años de vida se van a dar mayor número de posibilidades de los períodos críticos, dado el desarrollo masivo de la arborización neuronal. El gran desarrollo neuronal de determinadas áreas cerebrales permitirá de forma natural acceder a los procesos estimulares asociados a dichas áreas y podrá justificar el mejor aprendizaje posterior en ellas, para lo cual los períodos sensibles tendrán una gran relevancia en el mismo. Ignorar este gran proceso neurobiológico que permitirá un cableado cerebral más estable y dirigido a futuros procesos complejos sería desconocer el proceso de desarrollo neurobiológico. Los estudios con animales también corroboran la existencia de períodos críticos durante los cuales si no se consigue el circuito establecido para dicha función la pérdida posterior de la misma resulta irreversible (visión, audición, canto en pájaros, etcétera).

En los períodos críticos, el cerebro debidamente desarrollado está esperando que le llegue el estímulo adecuado para ponerse en marcha y llevar a cabo el cableado que justificará la red neuronal responsable de dicha estimulación, mientras que en los tiempos sensibles la complejidad del medio ambiente y la propia capacidad motivacional o emocional de cada individuo fijaría el tiempo propicio para dicho aprendizaje. Los períodos críticos tienen un momento determinado, un tipo de estimulación determinada,

suelen suceder en la misma época en todos los individuos, se necesitan pocos estímulos para desencadenar el proceso de sinaptogénesis cerebral estable, no se necesita ningún otro estímulo que ayude a la formación del cableado y no es necesaria la acumulación temporal de estímulos. En ellos participan áreas muy concretas y específicas que estarían principalmente dirigidas a funciones sensoriales simples más que a funciones complejas, donde para adquirir el perfeccionamiento de dichas funciones se necesita entrenamiento, repetición y constancia en la estimulación. En los períodos críticos tiene poco que hacer la enseñanza, educación o el ambiente emocional o social en el que el sujeto se encuentre. No se necesitan muchas repeticiones para generar la red neuronal. El primer año de vida será clave en la estimulación y definición de los períodos críticos.

Sin duda alguna, los «períodos sensibles» (7) serán los más relacionados con la enseñanza y la educación y coincidirían con el tiempo en el que el cerebro está mejor dispuesto al cambio. En esta etapa interviene la oportunidad, el ambiente, la motivación, el interés, etc. Los períodos sensibles están más orientados a los procesos complejos. Se dan a lo largo de toda la vida con una mayor incidencia en la etapa infantil y en la adolescencia (8) y resultan de una gran importancia en el proceso de aprendizaje durante toda la etapa escolar. En estos períodos se favorecerían principalmente las conexiones entre distintas áreas y la posibilidad de integrar mejor procesos cognitivos complejos. En la etapa escolar propiamente dicha, entre los 3 y los 16 años la posibilidad de los tiempos sensibles aumenta considerablemente, sobre todo en programas educativos en los que la novedad, creatividad y estimulación motivacional es parte importante de los mismos.

Diferentes estudios con neuroimagen apoyan la idea de que dichos procesos se dan también después de la pubertad, coincidiendo con el desarrollo de procesos cognitivos complejos puesto que se ha comprobado que el volumen de la sustancia gris se incrementa mucho en la etapa infantil y tiene el mayor pico de incremento en la adolescencia, a partir de esta edad empieza a decrecer

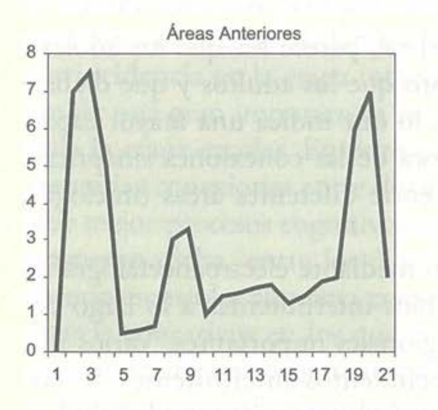
paulatinamente. También se ha comprobado que este desarrollo es diferente según la región cerebral considerada, de tal forma que los lóbulos parietales presentan el mayor incremento alrededor de los 11 años, mientras que el córtex prefrontal lo hace a los 12 años y medio y los lóbulos temporales a los 16 años. Otro hallazgo relevante es que el desarrollo siempre comienza antes en las áreas primarias y después se extiende a las secundarias y terciarias de cada uno de los lóbulos, siendo el área dorso-lateral del córtex prefrontal, responsable de los procesos ejecutivos, una de las áreas que más tarde madura; el hemisferio izquierdo es el que madura más rápidamente, lo que se correlaciona con los cambios en las habilidades cognitivas. Por último la corteza lateral orbito-frontal, responsable del control de impulsos es el que más tarde madura, pudiendo llegar hasta la década de los veinte años. En cambio el volumen de la sustancia blanca parece que tiene un crecimiento más lineal sin grandes diferencias entre los diferentes lóbulos cerebrales y es progresivo hasta los 40 años y no se encuentran diferencias significativas entre las diferentes regiones cerebrales (9, 10, 11, 12, 13 14, 15, 16, 17).

En términos de activación cerebral, parece ser que los adolescentes activan más áreas del cerebro que los adultos y que dichas activaciones son más difusas (18), lo que indica una mayor capacidad neuronal en cuanto la mejora de las conexiones sinápticas (dendrogénesis) y las conexiones entre diferentes áreas (mielogénesis).

El desarrollo cerebral estudiado mediante electroencefalografía (EEG) nos permite observar cambios intermitentes a lo largo de la etapa escolar con diferencias regionales importantes. Varios investigadores han identificado crecimientos intermitentes de las conexiones nerviosas desde la infancia hasta la juventud, basados en el aumento de peso del cerebro y del tamaño del cráneo y en los cambios en la actividad eléctrica de la corteza, medida con EEG. Estos crecimientos coinciden con el rendimiento alto de los niños en los tests de inteligencia y con una transformación importante en la corteza cognitiva. En este estudio se medía el EEG

de individuos de edades comprendidas entre uno a veinte años en estado de alerta y situación de reposo. El primer crecimiento de conexiones nerviosas ocurrió entre 2-5 años, un período en el que prospera la representación y el lenguaje. Otro gran desarrollo se dio entre 8-10 años, etapa de adquisición de muchos contenidos escolares, el tercer gran aumento sobre todo en áreas centrales y posteriores corticales se llevó a cabo alrededor de la adolescencia, probablemente reflejen el refinamiento lógico-abstracto; por último, otra aceleración se comprobó entre 18 y 20 años en áreas anteriores, edades en que el pensamiento maduro y reflexivo es más activo (véase gráfico 1.2) (19).

Estos desarrollos, muchas veces, no tienen que ver con los programas educativos, sin embargo los programas educativos sí que se benefician de los saltos cuantitativos y cualitativos del desarrollo cerebral. En este sentido, se han establecido tres grandes períodos de desarrollo cerebral de interés para los sistemas educativos,



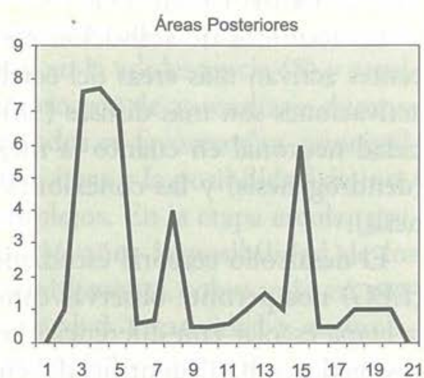


Gráfico 1.2. Evolución de la potencia global de EEG a lo largo del desarrollo infanto-juvenil. La imagen muestra tres grandes saltos en la evolución del EEG, el primero alrededor de los 2 años, el segundo alrededor de los 8 años, el tercero alrededor de los 20 años para las áreas anteriores (izquierda) mientras que para las posteriores se adelanta el tercero a los 15 años (derecha). Figura elaborada a partir de Ficher y Rose, 1995.

los cuales aun cuando no se adaptan estrictamente a las necesidades del desarrollo individual tienen su lógica en el proceso de aprendizaje escolar.

Primer período (nacimiento hasta los 3 años)

En este primer período se dan los grandes desarrollos de conexiones sinápticas entre áreas corticales cercanas, lo que permite una gran capacidad de absorción de información de forma indiscriminada. Por este motivo no se aconseja un hiperestimulación en dicho período, como se ha venido diciendo en los últimos años, es más aconsejable una estimulación ordenada de la información, con contenidos novedosos y con tiempos de descanso para asimilación de la misma.

Éste es un período en el que se dan una gran maduración de las estructuras subcorticales, límbicas y vestibulares, vías somatosensoriales, áreas cerebelosas y áreas primarias corticales, lo que permite una gran posibilidad de comunicación e interacción con el medio ambiente así como una especie de impulso natural constante a hacer cosas que va a permitir al niño una motivación suficiente para interaccionar constantemente con el ambiente, una gran capacidad de percepción y observación y una gran comunicación no verbal y emocional propias de estos primeros años de vida.

Durante el primer año de vida, el niño va a ser capaz de captar el medio ambiente, diferenciar estímulos prelingüísticos y manejar muy bien la comunicación no verbal y emocional con sonrisas, demostraciones de afecto, miradas de asombro, múltiples respuestas faciales, etc. En el segundo año, con el desarrollo progresivo de las áreas corticales secundarias y de asociación el niño iniciará un progresivo aumento de su capacidad de aprendizaje de conductas cada vez más complejas y comenzará el desarrollo del lenguaje verbal, lo que contribuirá a una mayor y mejor comunicación social. Por último, en el tercer año existe ya un mayor

desarrollo cortical con implicación de áreas asociativas terciarias que van a especializar el cerebro principalmente en el lenguaje comprensivo y hablado, con una gran capacidad gramatical y sintáctica del lenguaje.

Creo que lo más importante en esta etapa es «el tempo» de estimulación y asimilación de la información medioambiental. Un dato importante es la gran estabilidad del número de neuronas a lo largo de su vida, excepto en el hipocampo, que va a tener una gran capacidad de neurogeneración en función del tipo, forma, frecuencia y cantidad de estimulación que vaya recibiendo desde el nacimiento hasta el final de la vida, obviamente con una menor capacidad en las etapas postreras de nuestra existencia.

Otro aspecto destacable de esta primera etapa de la vida es el gran número de conexiones neuronales que se desarrollan, hasta el punto de que existe un proceso de podado para poder llevar a cabo comportamientos ordenados en la adaptación del niño al medio ambiente. En esta etapa la decisión de estimulación es de gran relevancia para el futuro del niño. No se puede olvidar que diferentes estudios justifican la mejora en el desarrollo cerebral en ambientes enriquecidos frente a los ambientes deprimidos, donde quedan alteradas las funciones más complejas del ser humano como consecuencia de dicha deprivación ambiental temprana.

A la vista de estos datos, han surgido diferentes posturas a la hora de entender el proceso educativo de esta etapa, por un lado: los más extremistas consideran que se debería comenzar la enseñanza de habilidades académicas lo antes posible, mientras que otros son más cautos y estiman que se debería comenzar a estimular destrezas emocionales, sociales y cognitivas en general con el fin de conseguir una mejor adaptación posterior del niño. No obstante lo dicho anteriormente, no conocemos todavía con suficiente detalle el desarrollo cerebral como para pronunciarnos sobre la eficacia de una u otra postura en esta etapa educativa y sus formas y contenidos de aprendizaje en el mismo. Por otro lado, tampoco sabemos cómo actúa la especialización tan temprana en materias escolares como matemáticas, lengua, lectura, etc., en el

proceso posterior de perfeccionamiento e integración de estas habilidades en la resolución de las situaciones, comportamientos y problemas derivados de la interacción con el medio ambiente.

Las funciones complejas que posteriormente va adquiriendo cada sujeto necesitan no solamente de las habilidades adquiridas en las áreas cerebrales antes referidas sino una combinación de áreas y recursos del cerebro para poder integrarlo con el medio ambiente. En este sentido, la estimulación ambiental temprana ordenada, integrada y organizada en un mundo rico en estímulos novedosos sin pretender especializar el cerebro en un tipo determinado de conducta, habilidad o destreza será el mejor proceso que llevar a cabo en estos primeros años de vida.

Los sistemas de organización motrices, el tiempo de elaboración de los procesos completos desde la estimulación hasta la respuesta, las tareas del aprendizaje dentro de ambientes dinámicos, serán los adecuados en el desarrollo cerebral de esta etapa de aprendizaje preescolar. La información en esta etapa debe ser clara, concisa, debe prevalecer un ambiente lleno de movimientos, colores, riqueza estimular novedosa; participación, juegos, música, conductas cercanas a las actividades de la vida diaria, el entorno emocional, social y familiar estable en el que se encuentra el niño, serán básicos para un buen desarrollo y funcionamiento cerebral.

Segundo período (4-11 años)

Nos encontramos con la etapa de gran armonización en el desarrollo global de cerebro, debido a la gran cantidad de interacciones córtico-corticales y subcórtico-corticales, tanto de las áreas anteriores (lóbulos frontales) como de las áreas asociativas temporo-parieto-occipitales, la integración de estas áreas va a permitir un gran desarrollo de conocimientos y destrezas escolares. Ésta podrá ser la etapa más importante de la educación por su incidencia en los procesos de destrezas académicas, es la época donde mayor

impacto tienen todos los procesos, aprendizajes y adaptaciones escolares, es una etapa en la cual la educación perfilará el futuro de los niños. De lo dicho se deduce que en esta etapa el sistema educativo tanto en lo que se refiere a la enseñanza de los aprendizajes escolares (lengua, matemáticas, lectura, lenguaje, etc.) como a la adaptabilidad al medio social, emocional y escolar del niño debería ser llevado dentro de un ambiente que integre ambos aspectos. No se pueden dejar de lado las motivaciones y las emociones dada la importancia que tienen en el desarrollo, aprendizaje y perfeccionamiento de las destrezas académicas. No se ha de olvidar que en esta etapa se dan las mejores circunstancias para el aprendizaje de procesos y valores académicos, sociales, culturales y morales.

Ésta es una etapa en la que los períodos sensibles a los conocimientos culturales, propios de la enseñanza escolar, se encuentran muy desarrollados, por lo que la enseñanza en la escuela debe ser precisa, novedosa, ordenada, sistemática y sobre todo organizada en el tiempo para que el cerebro esté en condiciones de generar redes neuronales estables capaces de mantener dicha información, de forma parecida a lo que se consigue con el lenguaje, que dado que todos los días se está practicando llega un momento en que las redes neuronales son tan fuertes que el uso del idioma se lleva a cabo de forma rápida y eficiente. En esta etapa la estimulación ambiental, la repetición y la selección de conocimientos será básica para el futuro desarrollo cognitivo de los niños.

A modo de ejemplo, en el caso del lenguaje, es la etapa donde más destrezas lingüísticas se adquieren de tal forma que un niño de 6-8 años puede tener ya un lenguaje tan complejo, gramatical y sintácticamente, como el de un adulto, a esta edad también se adquieren las destrezas del lenguaje escrito y lector.

Tercer período (etapa adolescente)

Nos encontramos ante una etapa de gran desarrollo neurohormonal que afecta a diferentes áreas cerebrales, sobre todo a las áreas prefrontales y cerebelosas, responsables del aprendizaje y de la adaptabilidad motriz.

Un aspecto muy interesante descubierto recientemente mediante neuroimagen es que el desarrollo neuronal no acaba en la niñez sino que se extiende hasta mucho después de la adolescencia y se refleja tanto en la sustancia gris como en la sustancia blanca, siendo ésta la que presenta un mayor desarrollo en esta etapa de la vida. Ello permite una gran capacidad para establecer conexiones entre áreas cerebrales distantes, lo que contribuirá a un gran desarrollo y perfeccionamiento no solamente de las funciones cognitivas sino también de la adaptabilidad social, ética y moral, dada la complejidad de redes neuronales necesarias para llevar a cabo estos procesos tan complejos del ser humano.

Existen diferentes áreas cerebrales cuyo cambio en la etapa adolescente podría implicar directamente la forma y contenido de la enseñanza escolar, puesto que afectan directamente a funciones integrativas del ser humano, por ejemplo la maduración del *striatum* estaría muy orientada a regular los comportamientos motivacionales de premio y recompensa, tan importantes en los adolescentes, en los que el tiempo corre de diferente manera; la maduración del cuerpo calloso permitirá la mayor integración de las funciones entre ambos hemisferios; el cerebelo contribuiría a madurar todos los procesos de adaptabilidad del comportamiento motor, sea en actividades de movimientos globales de nuestros cuerpo, sea en afinar los movimientos más complejos en orden a conseguir una conducta motriz compleja (por ejemplo, tocar el piano); existe un consenso cada vez mayor entre los científicos sobre la importancia del cerebelo en el aprendizaje y memoria motrices.

El desarrollo masivo de la glándula pineal conllevará una adaptación del ritmo del sueño, que debería tenerse en cuenta sobre

todo debido a los cambios hormonales de la pubertad lo que hace que el inicio del sueño se retrase (probablemente como consecuencia de una acumulación de oleamida (sustancia que tiene un efecto retardador sobre el inicio del sueño). Por este motivo, los padres luchan con sus hijos adolescentes para que se vayan pronto a la cama; la cuestión está en si lo que se debería hacer es levantarles una hora más tarde y comenzar las clases también más tarde, lo que permitiría una mejor adaptabilidad al ciclo del sueño, tan importante en el aprendizaje y la memoria.

Por último, la maduración del córtex prefrontal permitirá a estos adolescentes, por un lado, acceder a las funciones más complejas del ser humano (razonamiento, lógica, funciones ejecutivas, atención, etc.) y, por otro, regular la conducta emocional asociada a las situaciones sociales. Obviamente, estos cambios cerebrales afectan a la capacidad de aprendizaje y son muy susceptibles a la forma, contenido, contexto y organización en que se le presenten los estímulos. Todo esto resulta básico para lograr una buena enseñanza y facilitar la mejora académica de los programas escolares. Es una etapa donde las diferencias entre chicos y chicas son muy acentuadas por lo que sería aconsejable adaptar los métodos de enseñanza en función de los diferentes estados de desarrollo cerebral.

El córtex prefrontal es una de las últimas regiones cerebrales en completar su desarrollo, debido a que la maduración cerebral sigue un modelo jerárquico que tiene como último eslabón las áreas de asociación. El volumen de la sustancia gris en el córtex prefrontal alcanza su pico máximo alrededor de los 12 años y, a partir de ese momento, empieza a disminuir hasta estabilizarse en la edad adulta; por otra parte, el volumen de la sustancia blanca del córtex prefrontal aumenta linealmente de los 4 a los 13 años, aunque su proceso de mielinización no se completa hasta la edad adulta. Teniendo en cuenta todos estos procesos madurativos del córtex prefrontal y sabiendo que mantiene un importante número de conexiones recíprocas con estructuras subcorticales y con otras regiones corticales, formando parte de circuitos frontoestriatales, frontotalámicos, frontolímbicos y frontoparietales, entre

otros (20), la capacidad de activación del mismo tiene una incidencia importante en gran cantidad de comportamientos y procesos de aprendizaje en la última etapa de la enseñanza escolar.

Es una etapa de desarrollo individual de gran curiosidad y de experiencias nuevas, esto es bueno para el desarrollo del cerebro, cuya máxima actividad se produce cuando accedemos a nuevos estímulos; no obstante, se precisa desarrollar procesos para el archivo y memorización de aquéllos, por lo que la repetición de determinados contenidos es básica en esta etapa de la vida, dicha repetición disminuye la activación cerebral, de hecho, el cerebro se activa con gran velocidad y amplitud en los procesos nuevos y disminuye en los repetitivos, pero en cambio con la repetición aumenta la capacidad de archivo, memorización y recuerdo.

Ésta es otra etapa de la vida en la que los tiempos de descanso, reflexión y autocontrol serán de gran importancia para la asimilación y elaboración de la información y para que la poda neuronal de las sinapsis no utilizadas de las áreas anteriores tenga un resultado eficaz en el plano educacional. Es la etapa en la que un buen desarrollo cerebral afianzará de forma permanente los procesos cognitivos.

No cabe la menor duda de que es la etapa más conflictiva a nivel escolar puesto que el desarrollo neurohormonal que comporta la misma va en contra del desarrollo propio del aprendizaje escolar. Además de lo dicho anteriormente, sabemos que en la adolescencia existe un gran aumento de la sustancia blanca, que tiene la capacidad de conexionar muchas áreas cerebrales, lo que da lugar también a una gran inquietud conductual que se traduce en la adquisición de muchas conductas o comportamientos nuevos, incluidos los emocionales y relacionados con el sexo. El adolescente está inclinado, por su desarrollo neurohormonal y cerebral, a ver, observar, participar, experimentar, etc., muchas situaciones mientras que le cuesta mucho llevar a cabo procesos reglados, sistemáticos, repetitivos, propios del aprendizaje escolar.

La labor por parte del profesor en esta etapa resulta muy ardua porque por un lado tiene que desarrollar programas de enseñanza

muy novedosos, cambiantes, no aburridos y por otro mantener una disciplina de aprendizaje estable, duradera, sistemática y repetitiva a fin de adquirir, archivar y mantener los conocimientos. Es una etapa en la que el profesor ha de estimular la atención dividida o la habilidad para realizar diferentes tareas a la vez, la capacidad de planear futuras consecuencias de cada acción, de inhibir conductas erróneas, de tomar decisiones adecuadas. Todos estos procesos están relacionados con la actividad del córtex prefrontal, y para llevarlos a cabo se necesitan tiempos de reflexión y análisis de la información.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en esta etapa son las diferencias en el desarrollo madurativo entre la pubertad y la adolescencia, mientras que en la pubertad existe un enlentecimiento de la proliferación de sinapsis, en la adolescencia el desarrollo es espectacular y es probable que el exceso de sinapsis en la pubertad no esté bien resuelto mediante la poda neurológica y que sea la adolescencia la etapa en la que dicha poda se lleve a cabo más ordenadamente en función de la enseñanza recibida y de la mejor adaptabilidad social, sexual y emocional. Ello dará lugar a una mejora de redes especializadas más concretas y específicas y a una mejor organización cerebral.

Referencias bibliográficas

1. WONG, R. O. y LICHTMAN, J. W. (2003): «Synapse elimination». En L. R. Squire, F. E. Bloom, S. K. McConnell, J. L. Roberts, N. C. Spitzer y M. J. Zigmond (eds.). *Fundamental Neuroscience*, 533-554, Nueva York, Academic Press.
2. FAIR, D. A., COHEN, DOSENBACH N., CHURCH, J. A., MIEZIN, F.M., BARCH, D. M., RAICHLE, M. E., PETERSEN, S. E. y SCHLAGGAR, B. L. (2008): «The maturing architecture of the brain's default network», *Proc Natl Acad Sci*, marzo 11; 105(10): 4028-4032.
3. FERNANDEZ, A., QUINTERO, J., HORNERO, R., ZULUAGA, P., NAVAS, M., GOMEZ, C., ESCUDERO, J., GARCÍA-CAMPOS, N., BIEDERMAN, J., ORTIZ, T. (2009): «Complexity Analysis of Spontaneous Brain Activity in Attention-

Déficit Hyperactivity Disorder: Diagnostic implications», *Biol Psychiatry*, 1, 65(7), 571-577.

4. COLVERT, E., RUTTER, M., KREPPNER, J., BECKETT, C., CASTLE, J., GROOTHUES, C., HAWKINS, A., STEVENS, S., SONUGA-BARKE, E. J. (2008): «Do theory of mind and executive function deficits underlie the adverse outcomes associated with profound early deprivation?: findings from the English and Romanian adoptees study», octubre; 36(7): 1057-1068.
5. PENA, M., MAKI, A., KOVACIC, D., DEHAENE-LAMBERTZ, G., KOIZUMI, F., BOUQUET, F. y MEHLER, J. (2003): «Sounds and silence: on optical topography study of language recognition a birth», *Proc Natl Acad Sci.* vol., 100, 20, 11702-11705.
6. KISILISKY, B. S., HAINS, S. M. J., JACQUES, A. C., GRANIER-DEFERRE, C., y LECANUET, J. P. (2004): «Maturation of Fetal Responses to Music». *Development Science*, vol. 7(5), 550-559.
7. KNUDSEN, E. I. «Early experience and critical periods». En L. R. Squire, F. E. Bloom, S. K. McConnell, J. L. Roberts, N. C. Spitzer y M. J. Zigmond (eds.) *Fundamental Neuroscience*, 533-554, Nueva York, Academic Press.
8. STEVENS, B. Y FIELDS, R. D. (2000): «Response of Schwann cells to action potentials in development», *Science*, 287, 5461, 2267-2271.
9. GOGTAY, N., GIEDD, J. N., LUSK, L., HAYASHI, K. M., GREENSTEIN, D., VAITUZIS, A. C., NUGENT III, T. F., HERMAN, D. H., CLASEN, L. S., TOGA, A. W., RAPOPORT, J. L., THOMPSON, P. M. (2004): «Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood». *Proc Natl Acad Sci*, 101 (21), 8174-8179.
10. SOWELL E. R., THOMPSON P. M., TESSNER K. D., TOGA A. W. (2001): «Mapping continued brain growth and gray matter density reduction in dorsal frontal cortex: inverse relationships during postadolescent brain maturation». *J Neurosci*, 21: 8819-8829.
11. SOWELL E. R., TRAUNER D. A., GAMST A., JERNIGAN T. L. (2002): «Development of cortical and subcortical brain structures in childhood and adolescence: a structural MRI study». *Dev Med Child Neurol*, 44: 4-16. 17.
12. SOWELL, E. R., PETERSON, B. S., THOMPSON, P. M., WELCOME, S. E., HENKENIUS, A. L., TOGA, A. W. (2003): «Mapping Cortical Change across the Human Life Span». *Nature Neuroscience*, vol. 6, 309-315.
13. SOWELL, E. R., THOMPSON, P. M., TOGA, A. W. (2004): «Mapping changes in the human cortex throughout the span of life», agosto, 10(4): 372-392.

14. SOWELL E. R., THOMPSON P. M., LEONARD C. M., WELCOME S. E., KAN E., TOGA A. W. «Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children», septiembre 22; 24(38): 8223-8231.
15. GIEDD, J. N., BLUMENTHAL, J., JEFFRIES, N. O., CASTELLANOS, F. X., LIU, H., ZIJDENBOS, A., PAUS, T., EVANS, A. C., RAPOPORT, J. L. (1999): «Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study». *Nat Neurosci*, 2: 861-863.
16. GIEDD, J. N. (2004): «Structural Magnetic Resonante Imaging in adolescent Brain», *Annals of the New York Academic of Sciences*, vol., 1021, 77-85.
17. LENROOT, R. K. y GIEDD, J. N. (2006): «Brain development in children and adolescents: Insights from anatomical magnetic resonance imaging». *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 30, 718-729.
18. CASEY, B. J., TOTTENHAM, N., LISTON, C., y DURSTON, S. (2005): «Imaging the Developing Brain: What have we Learned about Cognitive Development?», *Trends Cognitive Sciences*, vol. 9, 104-110.
19. FICHER, K., y ROSE, S. P. (1995): «Concurrent cycles in the dynamic development of brain and behavior». *SRCD Newsletter*, otoño, 3-4,15-16.
20. PETRIDES, M., PANDYA, D. N. (2002): «Association pathways of the prefrontal cortex and functional observations». En Stuss D. T, Knight R. T., (eds.). *Principles of frontal lobe function*. Nueva York, Oxford University Press, pp. 31-50.

CAPÍTULO 2

ATENCIÓN

La atención puede entenderse como una amplia gama de procesos que participan en la regulación de las acciones desde que comienzan hasta que terminan. Hebb, en el año 1949, señaló acertadamente que era inevitable aceptar la amplia gama de actividades de control adscritas a la atención. De hecho, parece conveniente concebir la atención como «el proceso central implicado en el control y la ejecución de la acción». La atención es la capacidad de seleccionar la información sensorial en cada momento y de dirigir los procesos mentales (1). Un aspecto importante de la atención en el campo escolar es la capacidad de los procesos atencionales en el control de los comportamientos, aprendizajes, procesos cognitivos y en general en las actividades de la vida escolar. En este sentido, ha de tenerse en cuenta que en los niños pequeños la atención depende principalmente de la estimulación ambiental, por lo que un ambiente rico en estímulos novedosos contribuirá a mejorar enormemente los procesos atencionales mientras que en los adolescentes es muy importante el control por parte del sujeto

de su propia conducta o aprendizaje por lo que un ambiente emocionalmente estable, adaptativo a sus necesidades e integrado en su mundo emocional y social será de enorme importancia en el manejo de la atención dirigida al comportamiento.

El concepto de atención conlleva dos grandes procesos que se solapan y se integran en función de la conducta a realizar: el primero es un estado neurofisiológico en el cual el sujeto mantiene un estado de activación cerebral necesaria para procesar cualquier tipo de información, este primer proceso es básico para el aprendizaje posterior y depende de cómo el niño haya dormido o lo cansado que esté y el segundo consiste en orientar la atención en una dirección específica y es básico para el seguimiento de las clases, y depende principalmente del estado motivacional del niño hacia las tareas escolares. El primero, independiente de los estímulos y del contenido efectivo de la ejecución que se realiza en cada momento, mantiene alto grado de automatización iniciando constantemente y de forma paralela procesos en el procesamiento de la información, sin tener en cuenta el resultado final de los mismos, el segundo va dirigido a la respuesta en función del estímulo seleccionado. Ambos procesos son necesarios en la escuela, se necesita un nivel atencional y/o de vigilancia lo suficientemente alto como para que el segundo componente pueda elegir adecuadamente el tipo de información a ejecutar.

Desde el enfoque neuropsicológico, existen diferentes formas de atención que están relacionadas con los procesos operativos y que se van desarrollando evolutivamente en función de la maduración, complejidad de los estímulos y edad de los niños de acuerdo a la secuencia siguiente:

- Atención focalizada es la capacidad de dirigir la información hacia una sola fuente de información que suele ser el estímulo más relevante. Es el primer proceso atencional que se adquiere en el desarrollo madurativo.
- Atención sostenida es la capacidad de mantener la atención en determinado proceso o comportamiento durante varios

minutos. Es básica para poder aprender los contenidos educativos.

- Atención selectiva es la capacidad para seleccionar estímulos en ambientes con muchos distractores y mantener la concentración en los mismos; el sujeto tiene que decidir entre diferentes estímulos el más relevante para la conducta a realizar. Es muy importante en las clases numerosas en las que existen muchos estímulos distractores que impiden un buen aprendizaje en niños muy distraídos y con poca capacidad de atención selectiva.
- Atención dividida es la capacidad para atender a dos estímulos diferentes en el mismo momento y con la misma eficacia. Es importante en las actividades escolares de niños de secundaria.
- Atención alterna es la habilidad para poder cambiar de una tarea a otra sin confundirse y sin distraerse en ninguna de las dos con total eficacia para ambas. Se necesita un alto grado de concentración, conocimiento y habilidad en ambas tareas. Es básica en la adquisición de un buen aprendizaje operativo y fundamental entre los buenos profesionales.

En el contexto neurobiológico las áreas corticales asociadas más habitualmente con la regulación de la atención son el córtex prefrontal, el córtex parietal posterior y el giro fusiforme de la región occipitotemporal (véase figura 2.1). Estos datos están basados en el hecho de que las lesiones focales dentro de estas áreas pueden conducir a estados confusionales. Los pacientes con lesiones en el córtex prefrontal muestran de forma característica muchos sintomas que sugieren un trastorno de la atención, son fácilmente distraíbles y tienden a la perseveración en la mayoría de los casos y por último muestran una falta de habilidad para dar respuestas inmediatas que la mayoría de las veces son inapropiadas, tanto en situaciones artificiales de pruebas neuropsicológicas como en la vida diaria.

Además del córtex prefrontal, las lesiones en la región parietal posterior del hemisferio derecho y las regiones temporales poste-

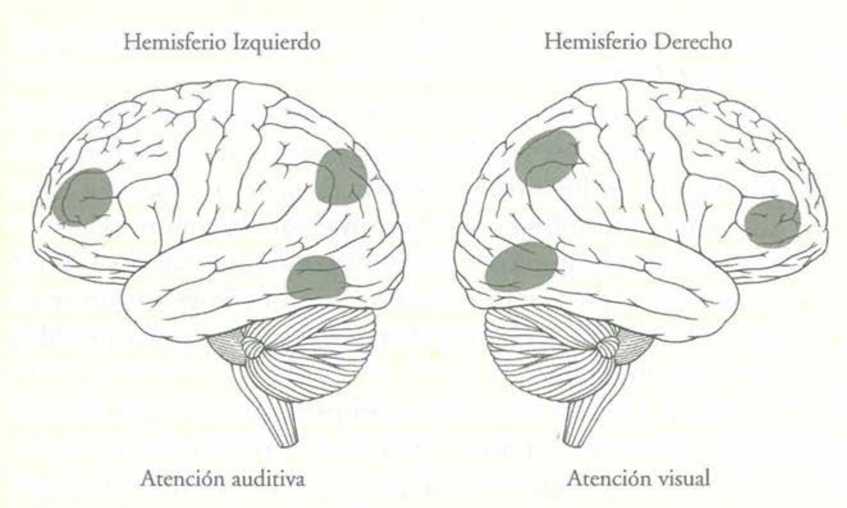


Figura 2.1. Circuito atencional en el que se representan las áreas corticales más implicadas en los primeros procesos de atención (áreas prefrontal y parietal y giro fusiforme), siendo más activo el hemisferio derecho para los estímulos visuales (derecha) y el izquierdo para los auditivos (izquierda).

riores pueden conducir también a un estado confusional y, en consecuencia, prestar un papel importante en el control de la atención. Hay que tener en cuenta que estas áreas parieto-temporales implicadas en los procesos atencionales forman parte de lo que ha dado en llamarse corteza polimodal o heteromodal. Estas áreas no se ocupan del procesamiento de una sola modalidad sensorial, sino que reciben el *input* convergente de múltiples áreas sensoriales de la corteza cerebral.

Los potenciales evocados cerebrales, gracias a sus características intrínsecas de registro, permiten la investigación de los pasos que sigue la evaluación del estímulo y la selección de la respuesta desde los primeros estadios del procesamiento de la información, en los cuales la atención tiene una enorme relevancia hasta la ejecución de la tarea. En términos generales, el debate sobre la relación establecida entre los componentes del potencial evocado y la atención se manifiesta en un aumento en la amplitud de la onda aso-

ciada a la presencia de estímulos a los que había que atender selectivamente. El descubrimiento de este efecto inició una larga polémica acerca de qué componentes estaban relacionados con cada uno de los distintos tipos y clasificaciones de la atención.

Diferentes trabajos aportan datos interesantes en el estudio de la atención al comprobarse la existencia de dos complejos de punta onda asociados con tres procesos atencionales distintos. Un primer complejo aparece ante estímulos frecuentes (N1-P2), mientras que para los otros dos tipos de estímulos, que requieren uno menos frecuente y otro muy poco frecuente, aparece el mismo complejo punta onda (N2-P3). Lo mismo sucede con el tiempo de reacción motor a los estímulos infrecuentes que se alarga mucho en comparación con el estímulo frecuente lo que indica una mayor capacidad en el tiempo de procesamiento de la información en estímulos muy novedosos y poco frecuentes (véase gráfico 2.1) (2). Ello demuestra que, en función del tipo de atención, se encontrarán respuestas tanto corticales como motrices diferentes en cuanto a su tiempo de procesamiento, lo que tiene una gran importancia en el ambiente escolar, sobre todo en etapas tempranas puesto que el niño necesita, ante determinados estímulos, mucho más tiempo para poder procesarlos y sobre todo ejecutarlos.

Los estudios mediante técnicas de neuroimagen muestran también que amplias regiones corticales tienen conexiones recíprocas con áreas paralímbicas, como por ejemplo el córtex cingulado y el giro parahipocámpico cuya participación en la atención resulta necesaria. Tres áreas subcorticales, el sistema límbico, el hipocampo y el sistema reticular ascendente, que forman una matriz interrelacionada e interconexionada se hacen imprescindibles en el estudio de la atención, bien contribuyendo a la formación de la memoria y del recuerdo, bien modulando el valor afectivo de los estímulos y de la respuesta o bien integrando las señales multimodales y las asociaciones para un posterior procesamiento.

Los componentes talámicos y troncoencefálicos del sistema activador reticular ascendente unidos a las áreas corticales proveen

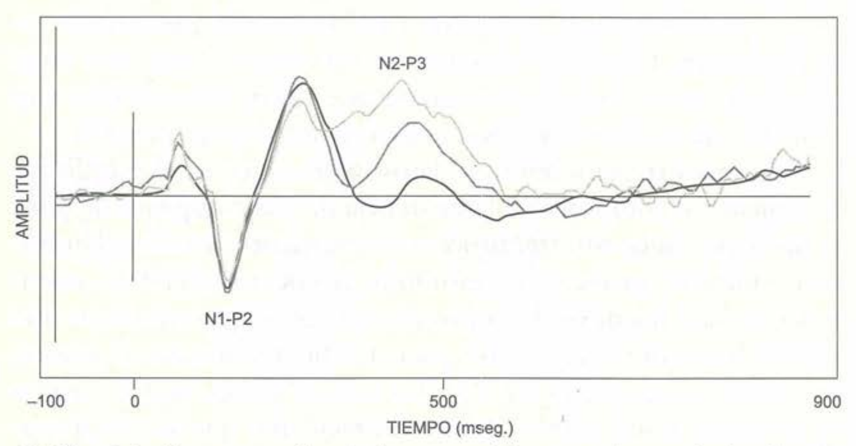


Gráfico 2.1. Representación de los potenciales evocados corticales durante una tarea de atención auditiva en la que exige tres tipos de atención: uno para los estímulos frecuentes; otro, para los infrecuentes y, el último, para los muy infrecuentes. La imagen muestra un primer componente (N1-P2) asociado a los estímulos frecuentes y otro componente (N2-P3) asociado con los otros dos estímulos infrecuentes.

de una red neuronal estrechamente asociada con el aspecto matricial de la atención. Por otra parte, la red consistente en la asociación de las áreas corticales (parietal posterior, prefrontal y occipitotemporal) con las estructuras subcorticales (núcleo pulvinar, estriado), subyace al proceso vectorial de la atención dirigida a dianas extrapersonales.

Usando la técnica de tomografía por emisión de positrones (PET) se ha demostrado un incremento de la activación de la región del giro cingulado anterior durante el incremento de la atención focal en el procesamiento de palabras así como un aumento del metabolismo regional en el cerebelo y en áreas parietales derechas. Estas discrepancias estarían en relación con distintos procesos atencionales, tales como atención tónica, más relacionada con el córtex prefrontal derecho mientras que la atención selectiva se

relaciona con distintas áreas asociativas (temporales o parietales principalmente, en función del tipo de estimulación visual o auditiva respectivamente) quedando la atención general más asociada con el giro cingular anterior (3). En este sentido, Posner y Petersen (4) concebían el cíngulo anterior como base neuroanatómica de la atención y la memoria de trabajo. No obstante lo dicho, en la actualidad se considera que la atención no es una propiedad de una sola área cerebral ni de todo el cerebro aunque el origen de la misma podría estar asociado con áreas especializadas de las cortezas prefrontal y parietal.

Dos problemas surgen en el tema de la atención y su estudio mediante neuroimagen, por un lado, la valoración de la atención como variable independiente (atención tónica o atención selectiva) en el diseño de los experimentos en los que el grado de activación de un área determinada puede depender del nivel de atención que requieran tanto el proceso funcional como las propias instrucciones previas al experimento y, por otro, la relación entre los procesos de atención y la supresión de la actividad de fondo de áreas ipsilaterales a la acción contralateral o cercanas corticalmente a las de la actividad ejecutada.

El circuito del control atencional (corteza prefrontal-cíngulo anterior-corteza parietal) para tareas de Stroop (son tareas en las que se presentan palabras en distintos colores, por ejemplo escrito en rojo y en color verde, el sujeto tiene que responder bien al color bien a la palabra) se completaría alrededor de los 18-22 años (5), lo que quiere decir que durante la etapa escolar el control atencional está desarrollándose de forma activa y su incidencia en el aprendizaje escolar es muy importante. Ahora bien, a la hora de poner en práctica estos conocimientos en la escuela nos encontramos con muchos factores que influyen en la atención (motivaciones, intereses, sueño, cansancio, dificultad de la tarea o atractivo de la misma, ruido, luminosidad del aula, forma de explicar del profesor, etcétera).

Un factor importante para mantener la atención del alumno es la forma de enseñar, una enseñanza activa, dinámica, con ritmo,

con muchas motivaciones y muchos cambios en la exposición favorecen la atención frente a la clase monótona o aburrida. El motivo es muy sencillo, el cerebro está en constante estado de alerta, por lo menos durante la clase, y su atención la focaliza en función de los cambios, el movimiento, de los diferentes sonidos y por esta razón muchos profesores dicen que los niños se dejan llevar de cualquier sonido extraño a la clase o de «cualquier mosca que pasa ante sus ojos», así como de las emociones, sobre todo, las que implican miedo, amenaza, etcétera (esto procede de la adaptación a la supervivienda de nuestros antepasados). Y, sobre todo, el cerebro dirige en primer lugar la atención a lo que le llega como novedoso y/o relevante, en este sentido, el profesor tiene una enorme responsabilidad para conseguir que el alumno preste atención.

Un aspecto neurofisiológico a tener en cuenta en lo concerniente a los procesos de atención es que éstos están sujetos a la entrada de la información mediante las vías sensoriales de acceso a la misma (táctil, auditiva, visual), por lo que los contrastes sensoriales son de gran importancia para atraer la atención del niño. Un ambiente muy uniforme conlleva una habituación muy rápida de las vías sensoriales, lo que automáticamente disminuye la atención; la forma de atraerla otra vez es mediante grandes contrastes sensoriales, teniendo en cuenta que los ruidos, desorden u otro tipo de alteraciones del ritmo escolar pueden ser obstáculos importantes en el mantenimiento de la atención; el contraste del que hablamos debería estar asociado con el sistema de explicación del profesor, inflexiones de voz, calidad en la exposición del material escolar así como con el movimiento o el lenguaje no verbal concebidos para atraer la atención.

No obstante lo dicho, y a pesar de la importancia de las vías sensoriales en la atención, otros mecanismos internos cerebrales contribuyen a mejorar o sustentar la atención, de tal forma que a medida que tenemos más conocimientos sobre un tema en concreto más áreas cerebrales se ponen al servicio de la atención, de hecho, cuando tenemos mucha información sobre algo, mantene-

mos la atención por más tiempo, dado que el procesamiento de la información es mucho mayor y exige además mucho más tiempo para la ejecución. En términos prácticos y dentro del contexto escolar significa que cuando queremos que el alumno aprenda algo nuevo deberemos tener presente que la atención necesita una mayor concentración en el menor tiempo posible, mientras que si el contenido no es nuevo para el alumno y solamente tiene que repasarlo, la atención puede estar más dispersa a lo largo del tiempo. Este hecho debería llevar a los profesores a tener presente el contenido a explicar a los alumnos, de modo que cuando sea nuevo, dicho contenido debería ser corto, preciso, claro y no emplear más de 15 minutos en su explicación mientras que, cuando los alumnos tengan que repetir y memorizar los contenidos su explicación puede ser mucho más extensa en tiempo y contenido.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que la atención no se mantiene constante a lo largo del día, sino que presenta un ritmo basado en ciclos que pueden oscilar varias veces al día, incluso varias veces a la hora, lo que da a los procesos atencionales un carácter cíclico. Este carácter cíclico viene influenciado por el sueño, el cansancio, las actividades, los estados emocionales, etc., lo que origina una gran diversidad de estados atencionales a lo largo del día. El conocimiento por parte del profesor de estos estados contribuiría a mejorar sin duda la capacidad de aprendizaje de los alumnos. De ello se deduce que necesitamos pausas, descansos o estados de relajación cortos a lo largo del día si queremos mejorar nuestros procesos de atención. Algunos hablan de la necesidad de tener pausas de 10 minutos cada hora u hora y media, que corresponderían con los ciclos de 90-110 minutos propios del sueño y que también se dan durante el día.

Si se tiene en cuenta esta nueva concepción de la atención a lo largo del día y que el aprendizaje consciente necesita tiempo de procesamiento, de archivo y de recuerdo y si, además, se acepta que el cerebro del niño ha de asociar los nuevos conocimientos con el propio estado de desarrollo neurológico en el que se encuentra, entonces se entenderá que el mantenimiento de la aten-

ción durante largos períodos de tiempo es contraproducente. Lo mejor sería establecer los programas de aprendizaje en períodos cortos e insertar en los mismos períodos de descanso, tranquilidad, relajación o reflexión sobre los contenidos estudiados.

Otro dato importante que se desprende de esta concepción es que no debemos presentar a los alumnos mucha información en períodos de tiempo cortos, sobre todo si la información es nueva, sino que debemos presentar poca información, dejar tiempo para su procesamiento y asimilación de la misma antes de comenzar a exponer otro bloque de nueva información. Una forma de descanso sin alterar la clases y el sistema de enseñanza podría consistir en que los alumnos cerrasen los ojos por períodos de tiempo cortos, esto evitaría que se dispersara el cerebro en informaciones relevantes provenientes de estímulos externos ajenos al contenido de aprendizaje y permitiría favorecer los procesos de imaginación y visualización del contenido a aprender lo que favorecería una mayor integración de áreas cerebrales y una mayor capacidad de aprendizaje.

Por último, aunque no menos importante, es la relación de los procesos atencionales y el sistema límbico, responsable de las emociones y las motivaciones; en este sentido las alteraciones emocionales, las amenazas, el estrés son situaciones que dificultan cualquier proceso atencional y consecuentemente el propio aprendizaje escolar. El estrés escolar va a afectar directamente a la atención y consecuentemente al aprendizaje, porque un niño con estrés, amenazado o alterado emocionalmente, tiene dificultades de seleccionar lo importante de lo que no lo es dado que permanece en una constante vigilancia orientada a la supervivencia y los ojos se vuelven más atentos a la zona periférica que es la que viene determinada genéticamente para prevenir las amenazas y/o agresiones y cualquier ruido también puede ser interpretado como amenaza, ello genera en el niño un aumento del estrés y la ansiedad que dificulta cualquier proceso de atención hacia el contenido escolar.

Trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH)

Existen diferentes patologías asociadas con la atención, hipoproxesias (alta distractibilidad, fatiga de la atención, inhibición de la atención), aproxesias (fijación de la atención en contenidos con imposibilidad de movilizarla), hiperproxesias (excesiva focalización de la atención como por ejemplo en los estados místicos o hipnóticos) entre otras. Sin embargo, es el trastorno por déficit de atención el más común en la etapa infantil, y el problema psiquiátrico más importante de todos los que afectan a los niños en edad escolar con una prevalencia estable de este trastorno que oscila entre 4%-8% de la población infantil (6).

El concepto de TDAH ha sufrido a lo largo de la historia diferentes adaptaciones. Al principio, se ponía el énfasis en la hiperactividad y posteriormente en la impulsividad; la raíz común del trastorno es el déficit de atención, que arrastra otras alteraciones cognitivas importantes para el aprendizaje escolar, tales como alteraciones en las funciones ejecutivas, incapacidad de mantener dos sistemas de información a la vez, deficiencia en la memoria de trabajo, tendencia a la perseveración, etcétera.

Existen dos modelos distintos, aunque desde mi punto de vista, integrados, que tratan de explicar el TDAH, el modelo de Mirsky (7) y el modelo de Barkley (8). Mientras Mirsky pone el énfasis en su modelo en el déficit de atención como origen del resto de alteraciones neuropsicológicas implicadas en esta enfermedad, Barkley pone el acento en una falta de regulación del control de la conducta, que viene determinada por una dificultad en la capacidad inhibitoria de estos niños. En relación con estos estudios, las teorías cognitivas vigentes, parecen estar de acuerdo en que el déficit cognitivo central de este trastorno consiste en una disfunción ejecutiva. Las funciones ejecutivas han sido definidas como las habilidades necesarias para la realización de tareas dirigidas hacia metas o actividades finalistas. Desde el punto de vista comportamental, estas habilidades dependen de la integridad del córtex prefrontal.

Integrando los distintos modelos teóricos, se podría concluir que en el TDAH existen dificultades en tres componentes esenciales de las funciones ejecutivas que se han relacionado con el adecuado funcionamiento del córtex prefrontal: la integración temporal, la memoria de trabajo y la inhibición. De estos tres procesos, el más estudiado ha sido el control inhibitorio, posiblemente por la influencia del modelo teórico de Barkley, quien considera que la característica primaria del TDAH consiste en un déficit en la inhibición conductual que generaría de forma secundaria un déficit en las funciones ejecutivas.

La búsqueda de endofenotipos, es decir, de índices cuantitativos que predigan el riesgo de padecer TDAH podría ayudar a integrar esta diversidad de modelos. Se han propuesto cuatro candidatos a ser endofenotipos cognitivos del TDAH: déficit en la inhibición de respuesta, en la memoria de trabajo, en el procesamiento temporal y en la reducción del gradiente de demora (9). Estos posibles endofenotipos recogen lo que, según distintos autores, podrían ser los componentes esenciales de las funciones ejecutivas.

Entre las regiones corticales más estudiadas se encuentran el córtex prefrontal, el cíngulo anterior y los núcleos estriados, aunque en la actualidad no se ha encontrado la existencia de una lesión específica que origine el TDAH (10), diferentes estudios de neuroimagen funcional demuestran la existencia de alteraciones de las áreas anteriormente referidas durante determinadas pruebas cognitivas (11, 12).

En los últimos años, el estudio del TDAH mediante técnicas de neuroimagen ha aumentado considerablemente con el objetivo de encontrar indicadores cerebrales anatómicos y/o funcionales que apoyen el diagnóstico clínico y la planificación del tratamiento. Aunque no se conoce con exactitud cuál es el sustrato neurobiológico del TDAH, existen dos hipótesis vigentes: la primera, o hipótesis fronto-estriatal que postula la existencia de una disfunción en los circuitos frontoestriatales a partir de una serie de hallazgos, tanto anatómicos como funcionales, aportados por di-

ferentes estudios de neuroimagen. La segunda alternativa es la hipótesis cortical-posterior que demuestra la existencia de alteraciones en otras regiones corticales posteriores, de igual modo, a nivel tanto anatómico como funcional (13). Estas hipótesis etiopatogénicas se encuadran en un marco clínico, pudiendo cada una de ellas responder a un cortejo sintomático diferente y además relacionarse con disfunciones cognitivas específicas.

Es la primera hipótesis la que cuenta con más apoyo en la actualidad, considerándose el circuito fronto-estriatal parte esencial del sustrato neurofisiológico de las funciones ejecutivas. Distintos estudios de neuroimagen muestran una disfunción fronto-estriatal en el TDAH (14). Otros estudios han encontrado, además, la existencia de una relación inversa entre el flujo sanguíneo cerebral en regiones frontales del hemisferio derecho y la severidad de los síntomas conductuales (15). En estudios realizados con resonancia magnética funcional (RMf), empleando tareas de inhibición, se ha observado que los niños con TDAH presentan una menor activación en el córtex prefrontal del hemisferio derecho y en el núcleo caudado (16). En otros estudios, se ha encontrado además una hipoactivación en la corteza cingular anterior, región que se considera esencial para el correcto funcionamiento de los circuitos fronto-estriatales, y que se ha relacionado con una amplia gama de funciones consideradas ejecutivas, tales como la planificación, la detección de errores, la resolución de conflictos y la capacidad para responder a estímulos novedosos o difíciles. Algunos autores han sugerido que la hipoactivación frontal observada en los niños con TDAH podría ser el reflejo de una disfunción en el proceso de maduración del córtex prefrontal.

Recientemente, Fernández y cols. (17) (véase figura 2.2) mostraron que los pacientes TDAH del subtipo combinado mostraban valores de complejidad Lempel-Ziv (LZ) significativamente más bajos que los controles pero que esa reducción era especialmente patente en la zona frontal. Además se comprobó que mientras los niños del grupo control mostraban un aumento paulatino de sus valores de complejidad frontal en relación con la edad (si-

guiendo en paralelo el proceso de maduración de la sustancia blanca), los niños TDAH no mostraban ese incremento o incluso evidenciaban una cierta tendencia a que los mayores tuvieran valores más reducidos. Esta interacción entre la reducción de complejidad frontal y el efecto diferencial que la edad ejercía en los niños con TDAH permitió crear un modelo estadístico para diagnosticar de forma objetiva el trastorno. Así, una combinación de valores de complejidad LZ frontal y edad permitía clasificar a los TDAH con un 79% de sensibilidad y un 92% de especificidad. No obstante, dado el efecto determinante de la edad, la sensibilidad aumentaba hasta el 100% para los TDAH por encima de 9 años.

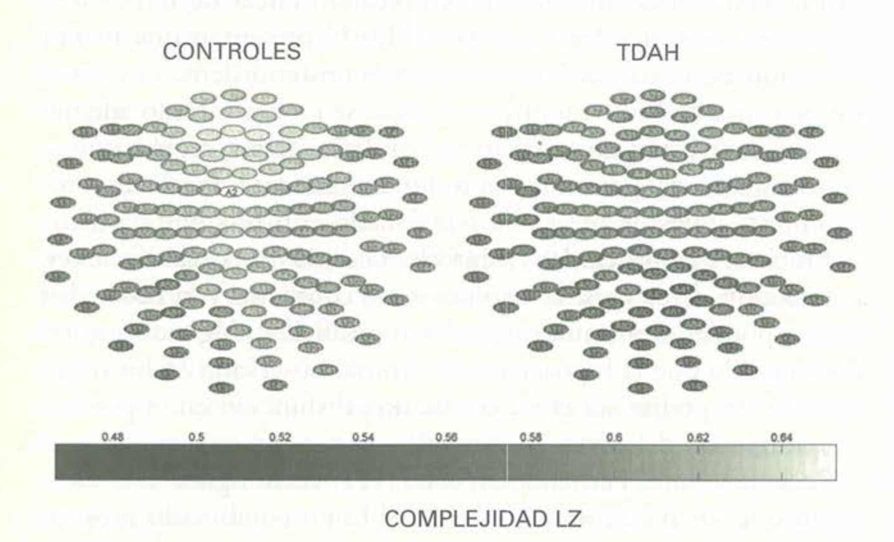


Figura 2.2. Representación de la complejidad cerebral Lempel-Ziv de niños con déficit de atención y controles medida a través de magnetoencefalografía. Las mayores diferencias entre niños con déficit de atención y controles las encontramos en las áreas anteriores cerebrales.

Otras investigaciones han encontrado una menor activación en los niños con TDAH, tanto en el córtex prefrontal dorsolateral como en el cíngulo anterior del hemisferio izquierdo durante los primeros 400 ms tras la recepción de un *feedback* negativo (18). Este hallazgo pone de manifiesto por un lado la existencia de una hipoactivación en regiones prefrontales esenciales para un correcto funcionamiento ejecutivo, cabe resaltar la hipoactivación observada en la corteza cingular anterior, que es una estructura que se ha relacionado con la asignación de recursos atencionales y por otro una alteración temporal, mostrando que las diferencias entre los niños con TDAH y los niños del grupo control aparecerían en fases tempranas del procesamiento, durante los primeros 400 milisegundos.

Los maestros no deben olvidar nunca que la atención es el pilar más importante en el proceso de aprendizaje y de memoria; recientes investigaciones (19) han demostrado que la atención es básica para la creación de nuevas conexiones neuronales y para la formación de circuitos cerebrales estables: el establecimiento de circuitos y conexiones neuronales estables y duraderas solamente ocurre cuando se presta atención; lo que, traducido al campo escolar, significa que la atención también es básica para la consolidación de la memoria, por lo que es de suma importancia que los maestros consigan para estos niños con déficit de atención y, en general todos sus alumnos, un ambiente en el que la atención sea uno de los elementos claves en la enseñanza. Si el maestro es capaz de conseguir que sus alumnos presten atención a un proceso de aprendizaje, que después sean capaces de repetirlo mentalmente, y mucho mejor de visualizarlo, y al final de la clase son capaces de repetírselo verbalmente al profesor, se habrán conseguido nuevos circuitos neuronales y un método de aprendizaje excelente para el futuro.

Aplicaciones en el campo de la educación

De lo expuesto en el presente capítulo, se podrían extraer diferentes aplicaciones en el campo de la educación que podrían mejorar los actuales sistemas tanto de enseñanza como de interacción en el ámbito familiar.

En primer lugar, deberían diferenciarse las edades de nuestros niños, de tal forma que con niños de preescolar la atención podría fijarse mediante juegos, colores, movimientos, participación en tareas conjuntas, fijación en tiempos muy cortos de hechos puntuales, contenidos prácticos, etc. Se podría llevar a cabo, por un lado, estimulación para el mantenimiento y mejora de la atención en niños normales mediante la visualización de objetos, situaciones y lugares de la vida diaria ante los cuales los padres tendrían que motivar a los niños a observarlos durante segundos y posteriormente a recordar lo que han observado. Otra medida educativa que favorece la atención es el entrenamiento en motilidad ocular, bien mediante programas de ordenador, bien haciendo lecturas en las que tenga que fijarse la atención en distintas letras organizadas de izquierda a derecha o de arriba abajo a lo largo de la página del libro; dentro de este modelo de estimulación de la atención también se podrían realizar ejercicios de fijación y coordinación oculomotriz, necesarios para una mejora en la lecto-escritura.

Otro método que favorece mucho la atención es organizar programas estimulares en los que aparezcan númerosos estímulos auditivos, visuales o táctiles en los cuales el niño necesite mantener determinado nivel de atención para poder identificarlos, discriminarlos o asociarlos con otros estímulos ya conocidos; esto nos lleva a evitar los modelos repetitivos tanto de las actividades de la vida diaria como de contenidos escolares; para el logro de este objetivo también se pueden combinar contrastes visuales, auditivos o espaciales, por ejemplo en la decoración de la clase, en el cambio de lugar en la clase, en clases con más movimiento en lugar de pasividad; la atención también se puede conseguir con el movi-

miento del profesor, o con la inflexión, tono y volumen cambiante de la voz, con la gestualidad sobre todo de manos en la explicación de los contenidos académicos.

Se puede utilizar la música como medio de fijar la atención, sobre todo porque estimula el hemisferio derecho que es el más implicado en la atención hacia la novedad y hacia lo espacial; para generar atención también se puede recurrir al ritmo, a las frecuencias auditivas o a intervalos de silencio.

Un aspecto importante que los padres no deben olvidar es que la atención está sujeta al buen estado corporal y emocional de los niños; en este sentido, si queremos favorecer la atención diurna en la escuela, ha de cuidarse el sueño, los estados emocionales negativos y el cansancio de los niños.

Por último, un entrenamiento cognitivo, mediante programas de ordenador para niños con déficit de atención, se debería llevar a cabo adecuando los estímulos a un ritmo de entrada lenta de la información auditiva, visual y táctil para que el cerebro de estos niños sea capaz de adquirir dicha información y, sobre todo, para entrenarlos en un sistema de aprendizaje nuevo. Dentro de este nuevo enfoque de estimulación cognitiva es muy importante entrenar a estos niños a controlar la motilidad ocular, disminuyendo el nivel de parpadeo ocular con el fin de centrar mucho más la atención.

En este contexto de estimulación, la organización, secuenciación y tiempo de permanencia de los estímulos en la pantalla serán claves para la mejora de la atención; resulta igualmente básico para la estimulación organizar los estímulos en diferentes partes de la pantalla, de izquierda a derecha, de arriba abajo, oblicuamente; también es importante para la mejora de la atención utilizar los diferentes colores y formas como medio de estimulación. Para conseguir una mejora importante en el mantenimiento de la atención de estos niños, no podemos olvidar la música, sobre todo música a un determinado ritmo que debería ser lento. Por último, el contenido del programa estimular debe ser dirigido a las áreas parietales, responsables de la atención a lo novedoso,

tales como el reconocimiento de estímulos en la piel, de gran importancia para la mejora de la atención, y el seguimiento ocular de objetos o letras; al hipocampo, responsable de los procesos de memoria a corto plazo de nuevos contenidos y relaciones espaciales; a las áreas prefrontales dorsolaterales, responsables de la memoria de trabajo, tan alterada en estos niños; a las áreas del cíngulo angular anterior responsables de los procesos inhibitorios motores, y a las áreas cerebelosas responsables de los procesos de adaptación de los movimientos al aprendizaje, donde ejercicios de equilibrio, de coordinación y secuenciación de movimientos, de gateo, de inhibición de movimientos ante estímulos visuales, auditivos y espaciales, contribuirán a mejorar procesos de atención y aprendizaje de niños con déficit de atención.

Referencias bibliográficas

1. López Ibor, J. J., Ortiz, T. y López Ibor, M. I. (1999): *Lecciones de psicología Médica*, Barcelona, Másson.
2. Ortiz, T., Gooding, D. y Aminoff, M. (1993): «Neural processing in a three choice reaction time task: a study using cerebral evoked potentials and single trial in normal humans», *J Neurophysiol*, 69, 5, 1499-1512.
3. Chertkow, H. y Bub, D. (1994): «Functional activation and congition: The 15º PET subtraction method». En A. Kertesz *Localization and neuroimaging in neuropsychology*, Nueva York, Academia Press, pp. 152-184.
4. Posner, M. y Petersen, S. E. (1990): «The attention system of the human brain», *Ann Rev. Neurosci*, 13, 25-42.
5. Adleman, N. E., Menon, V., Blasey, C. M., White, C. D., Warsofsky, I. S., Glover, G. H., Reiss, A. L. (2002): «A developmental fMRI study of the Stroop color-word task». *Neuroimage*, mayo 16(1): 61-75.
6. Quintero, J., Correas, J. y Quintero F. J. (2006): *Déficit de atención e hiperactividad a lo largo de la vida*, Madrid, Ergon.
7. Mirsky, A. F. (1996): «Disorders of attention: a neuropsychological perspective». En R.G. Lyon y N.A. Krasnegor (eds.). *Attention, memory and executive function*, Baltimore, Paul H. Brookes.

8. BARKLEY, R. (1997): «Behavioral inhibition, sustained attention and executive functions: constructing a unified theory of ADHD», *Psychological Bulletin*, 121, 65-94.
9. CASTELLANOS F. X. (2002): «Neuroscience of attention-déficit/hyperactivity disorder: the search for endophenotypes». *Nat Rev*, 3: 617-628.
10. SEIDMAN, L. J., VALERA, E. M., MARKIS, N. (2005): «Structural brain imaging of attention déficit/hiperactivity disorder». *Biol Psychiatry*, 57, 1263-1272.
11. MULAS, F., CAPILLA, A., FERNANDEZ, S., ETXEPAREBORDA, M., CAMPO, P., MAESTÚ, F., FERNANDEZ, A., CASTELLANOS, F. X., ORTIZ, T. (2006): «Shifting-Related brain Magnetic activity in attention-Déficit Hyperactivity disorder», *Biological Psychiatry*, 59: 373-379.
12. CAPILLA, A., FERNÁNDEZ, S., CAMPO, P., MAESTU, F., FERNÁNDEZ, A., MULAS, F., ORTIZ, T. (2004): «La magnetoencefalografía en los trastornos cognitivos del córtex prefrontal». *Revista de Neurología*, 39 (2): 183-188.
13. DURSTON, S. (2003): «A review of the biological bases of ADHD: what have we learned from imaging studies?», *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, 9, 184-195.
14. ZAMETKIN, A. J., LIEBENAUER, LL., FITZGERALD, G. A., KING, A. C., MINKUNAS, D. V., HERSCOVITCH, P., YAMADA, E. M., COHEN, R. M. (1993): «Brain metabolism in teenagers with attentiondéficit hyperactivity disorder». *Arch Gen Psychiatry*, 50: 333-340.
15. GUSTAFSSON, P., THERNLUND, G., RYDING, E., ROSÉN, I., CEDERBLAD, M. (2000): «Associations between cerebral blood-flow measured by single photon emission Cortex computed tomography (SPECT), electroencephalogram (EEG), behaviour symptoms, cognition and neurological soft signs in children with attention-déficit hyperactivity disorder (ADHD)». *Acta Paediatrica*, 89: 830-835.
16. TEICHER, M. H., ANDERSON, C. M., POLCARI, A. (2000): «Functional deficits in children with attention deficit/hyperactivity disorder shown with functional magnetic resonance imaging relaxometry». *Nat Med*, 6: 470-474.
17. FERNÁNDEZ, A., QUINTERO, J., HORNERO, R., ZULUAGA, P., NAVAS, M., GOMEZ, C., ESCUDERO, J., GARCÍA-CAMPOS, N., BIEDERMAN, J., ORTIZ, T. (2009): «Complexity Analysis of Spontaneous Brain Activity in Attention-Déficit Hyperactivity Disorder: Diagnostic implications», *Biol Psychiatry*, abril 1, 65 (7), 571-577.
18. ETCHEPAREBORDA, M. C., MULAS, F., CAPILLA, A., FERNÁNDEZ, S., CAMPO, P., MAESTU, F., FERNÁNDEZ, A., ORTIZ, T. (2004): «Sustrato neurofun-

cional de la rigidez cognitiva en el trastorno por déficit de atención con hiperactividad: resultados preliminares». *Revista Neurología,* 38 (supl. 1) 145-148.

19. MERZENICH, M.M. y SYKA, J. (2005): *Plasticity and signal representation in the auditory system,* Nueva York, Springer.

CAPÍTULO 3

LENGUAJE

Desde el punto de vista neuroanatómico y de la patología lesional se han descrito en múltiples trabajos científicos numerosos centros corticales asociados al lenguaje, dado que, por su carácter específicamente humano, su estudio ha sido muy prolijo a lo largo de la historia. Esto ha dado lugar a las concepciones neuropsicológicas sobre el mismo muy variables hasta el punto de que ni siquiera en la actualidad dichas concepciones son unitarias (1).

Entre los diferentes centros cerebrales asociados con el lenguaje nos encontramos con los siguientes:

Centro de Wernicke (véase fig. 3.1)

Especial atención merece el área de Wernicke que se sitúa siguiendo la cisura de Silvio inmediatamente por debajo de la misma, ocupando la cara externa medial del lóbulo temporal. El área de Wernicke abarca la corteza cerebral de los dos tercios posteriores de las circunvoluciones temporales 1ª y 2ª y corresponde a las

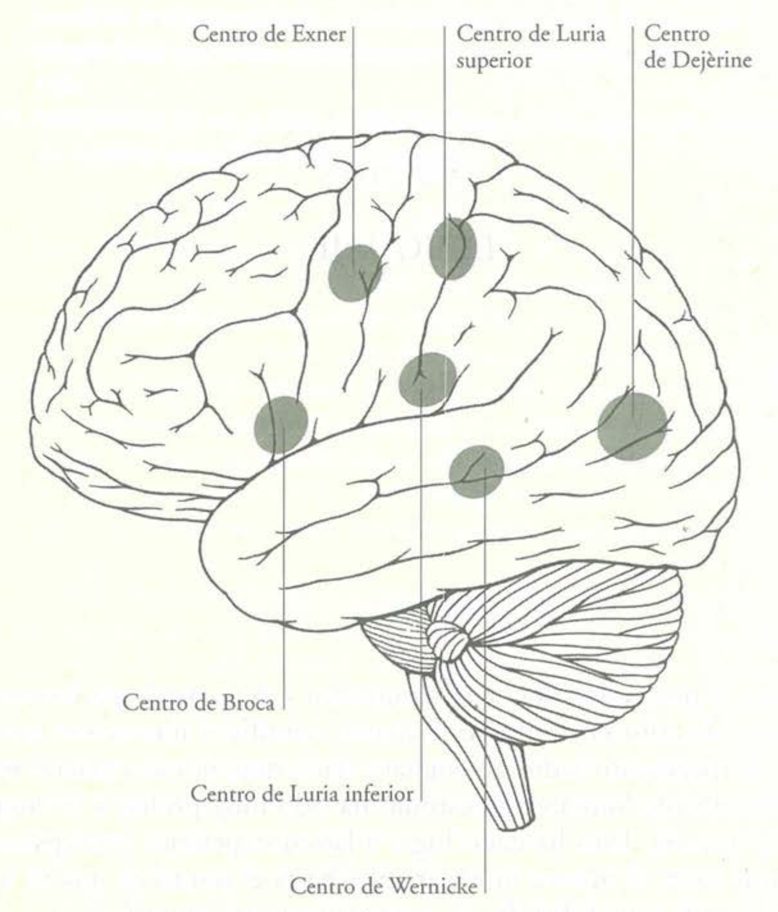


Figura 3.1. Localización de los diferentes centros del lenguaje: 1. Centro de Wernicke; 2. Centro de Broca; 3. Centro Luria inferior; 4. Centro de Luria superior; 5. Centro de Dejèrine; 6. Centro de Exner.

áreas 22 de Brodmann y hacia la parte posterior se continúa con el área 39 que rodea el extremo posterior del primer surco temporal. La función más importante de este centro es la función semasiológica —que consiste en la decodificación o desciframiento de la palabra hablada—. Para la correcta activación de esta función es necesaria una memoria a corto plazo, también una memoria a

largo plazo (semántica) y el conocimiento de diversas reglas gramaticales. Desde un punto de vista funcional, el área de Wernicke es el área receptora auditiva secundaria especializada en la interpretación de los sonidos relacionados con la voz humana. Es por tanto el centro de la comprensión de la palabra hablada, es decir, podríamos considerar que el área de Wernicke es el centro más importante para la comprensión del lenguaje y su lesión da lugar a la afasia comprensiva o de Wernicke.

Centro de Broca (véase fig. 3.1)

En el ámbito del lenguaje tiene un especial interés el área 44, también llamada área de Broca, por su especial importancia en el lenguaje hablado. El área de Broca se ubica en las zonas triangular y opecular de la tercera circunvolución frontal ocupa la parte inferior de la circunvolución frontal ascendente, e invade en parte la vertiente superior de la cisura de Silvio y llega a tocar el lóbulo de la ínsula. Esta zona se corresponde con las 44 y 45 de Brodmann. Es sabido que estas áreas se encargan de la creación de melodías quinéticas en aquellos movimientos en los que intervienen la musculatura laríngea, faríngea, palatina, lingual y labial. Es el área de dinamización de la musculatura fonatorio-articulatoria encargándose de ponerla en acción. El centro de Broca es un centro responsable de coordinar y secuenciar los movimientos ejecutores del habla y su lesión da lugar a la afasia motora o de Broca con todas las variantes que sobre la misma existen.

Centro de Exner (véase fig. 3.1)

El centro de Exner ocupa los dos tercios posteriores de la segunda circunvolución frontal y es una parte del campo 6 de Brodmann, campo que desde el punto de vista motor es creador de melodías quinéticas necesarias para la escritura. En el centro de Exner se llevan a cabo coordinaciones temporales de los movimientos mano-digitales. Envía conexiones al centro dinamiza-

dor mano-digital del área 4 que pone en marcha los movimientos mano-digitales del lado derecho. Coordina los movimientos de la mano y de los dedos. Es un centro que recibe información continua de la mano y de los dedos (*feedback*) que sirve para el control de la escritura, por lo que su buen funcionamiento es imprescindible para escribir correctamente, ya que nos permite guiar ópticamente los movimientos mano-digitales mientras escribimos.

Centro de Luria (inferior) (véase fig. 3.1)

El centro de Luria (inferior) se extiende por la parte inferior de la circunvolución parietal ascendente y del lóbulo parietal inferior (parte inferior del área 40 de Brodmann). El campo de Luria coordina las actividades de la musculatura laríngea, faríngea, palatina, lingual y labial, interviene en la formación de imágenes verbomotrices (fase 1 de la función onomasiológica), coordina los movimientos y recibe información de las distintas partes del sistema fonoarticulatorio y en general interviene en todo tipo de praxias bucofonatorias, linguolabiales y faciales que intervienen en el lenguaje hablado.

Centro de Luria (superior) (véase fig. 3.1)

El centro de Luria para el lenguaje escrito se sitúa en la parte superior del lobulillo parietal inferior, por encima del centro de Luria para el lenguaje oral. Por delante invade la parte media de la circunvolución parietal ascendente, y por detrás se confunde con el centro de Dejèrine. Se sitúa en la parte superior del área 40 de Brodmann. Su función más importante está relacionada con las praxias mano-digitales así como con las expresiones no verbales del cuerpo que acompañan a todo lenguaje hablado.

Centro de Dejèrine y la corteza occipital adyacente (véase fig. 3.1)

El centro de Dejèrine, que se corresponde con el área 39 de Brodmann, rodea el extremo posterior del primer surco temporal o surco paralelo y ocupa la zona de transición entre el lóbulo parietal y el occipital. Hacia atrás se continúa con las áreas 19 y 18 de la corteza occipital. En términos de Dejèrine podríamos decir que la circunvolución angular podría ser, juntamente con las áreas occipitales adyacentes, el centro de integración simbólica de la lectura o de su trastorno, la *alexia.* En cambio se considera la circunvolución supramarginal, situada anteriormente a la circunvolución angular y en el extremo posterior del surco silviano (lóbulo parietal inferior) como el centro de integración simbólica de la escritura o de su trastorno, la *agrafia.* Funcionalmente considerado es una zona de máxima integración e interpretación simbólica de los estímulos visuales y, en cuanto tal, nos permite entender el contenido de un mensaje escrito. Es por tanto el centro de la lectoescritura.

Los estímulos visuales son recogidos en la retina y elaborados por las diversas estaciones de la vía óptica, y a nivel del centro de Dejèrine y el área 19 se producen los perceptos y las imágenes ópticas de los grafemas, que son fundamentales para la lectura. La función importante de este centro es por lo tanto, la de analizar y percibir los grafemas, lo cual implica la síntesis de los rasgos elementales para formar una *gestalt* óptica, reconocer ésta como un grafema y distinguir éste de otros grafemas. Su interpretación ha de hacerse asociando la configuración gráfica a las imágenes auditivas y verbo-motrices de los fonemas del habla. Esto se produce gracias a que el centro de Dejèrine envía conexiones a los centros de Wernicke y Broca (paso del código visual al código fonológico). Posteriormente, estas imágenes se unen a su correspondiente significado y se produce la interpretación semántica del mensaje escrito.

La estructura cerebral más importante en la entrada de la información al cerebro, con una repercusión destacada en los proce-

sos de enseñanza, es el tálamo, debido a sus múltiples conexiones con la corteza cerebral. No se trata de una estructura pasiva de simple paso de la información hacia el cerebro, sino de un complejo nuclear de relevo muy dinámico, activo y modulador de las entradas de la información así como del propio procesamiento cortical; de hecho se sabe la importancia que tiene el tálamo en diferentes funciones cognitivas.

Estudios llevados a cabo en sujetos con lesiones talámicas sugieren que el tálamo y en particular el núcleo ventrolateral y el pulvinar, juegan un papel importante en las funciones verbales y más específicamente en aquellas zonas que tienen que ver con la fluidez verbal. Por otro lado se sabe que la estimulación eléctrica del pulvinar produce anomia con más frecuencia que en el caso de estimulación ventrolateral (la zona específica del pulvinar es la superior anterolateral).

La asimetría cerebral que tanta importancia tiene a nivel cortical, también ha sido objeto de estudio a nivel talámico, puesto que pacientes que habían sufrido operaciones en el hemisferio izquierdo mostraban cambios postoperatorios en funciones verbales, aunque eran menores que los observados en un grupo de pacientes con lesiones en el derecho. El tálamo izquierdo juega un papel importante en los procesos simbólicos del lenguaje, de hecho en estudios con pacientes lesionados unilateralmente en el tálamo izquierdo, éstos mostraban un decremento en las puntuaciones de los tests de fluidez y denominación de objetos mientras que los pacientes con lesiones unilaterales del lado derecho dejaban intactas la fluidez y la flexibilidad verbal. Estudios del metabolismo cerebral de sujetos normales muestran una activación del tálamo durante la producción del lenguaje, lo que favorece la hipótesis de que los déficits en el lenguaje están relacionados con la activación cortical por medio de los mecanismos talámicos.

La investigación más reciente indica que los ganglios basales, principalmente el núcleo caudado, el putamen y el globus pallidus, están implicados en el lenguaje, puesto que las lesiones en estos núcleos es frecuentemente acompañada por una afasia. Una

lesión en el putamen puede producir afasia fluida y no fluida; diferentes trabajos por otro lado informan que las lesiones que se extienden anterior y ventralmente desde el putamen dentro de la cápsula interna y de la sustancia blanca subcortical, producen afasia no fluida. Las lesiones que se extienden posteriormente dentro de la cápsula y la sustancia blanca subcortical producen afasia fluida. Las lesiones que incluyen la cabeza del núcleo caudado dominante producen generalmente afasias no fluidas, al menos inicialmente. La comprensión del lenguaje se describe como inicialmente afectada, aunque se recupera más rápidamente que la fluidez. Se informa también sobre la existencia de parafrasias semánticas y fonémicas. Cuando se produce una lesión en el globus pallidus dominante también se han encontrado síntomas verbales que incluyen dificultad para encontrar palabras y parafasia.

Los ganglios basales podrían estar involucrados en la activación y ejecución de movimientos para expresar el lenguaje formulado y preparado en el habla. El hecho de que las lesiones de la cabeza del núcleo caudado dominante produzcan usualmente un lenguaje no fluido, mientras que la estimulación de la cabeza del núcleo caudado provoca un lenguaje espontáneo, sugiere que esta estructura está involucrada en la activación de secuencias preplanificadas del lenguaje. El papel de los ganglios basales en el lenguaje parece depender de las relaciones entre los ganglios basales y las estructuras corticales involucradas en el mismo.

No obstante lo anterior, hoy en día diferentes estudios neuropsicológicos pretenden analizar el lenguaje como función de comunicación humana a partir de situaciones de normalidad y no de patología. También es verdad que múltiples trabajos de investigación asocian determinados déficits del lenguaje con áreas corticales o subcorticales a las que posteriormente se les aplica la función; aunque en realidad lo que se está llevando a cabo es una interpretación funcional de los resultados aportados por la lesión. Pongamos por ejemplo la participación del córtex prefrontal en asociación con el subcórtex en el lenguaje como consecuencia de lesiones córtico-subcorticales en sujetos afásicos o el

desarrollo de un modelo conexionista en el proceso de lectura a partir del estudio de pacientes con alexia o la posibilidad de encontrar un centro para la escritura a partir de pacientes con agrafia sólo por citar algunas de las últimas revisiones llevadas a cabo sobre el lenguaje.

Los primeros estudios realizados con medidas de flujo sanguíneo regional han demostrado que durante la realización de tareas lingüísticas el patrón de activación cortical dentro del hemisferio no dominante es prácticamente un calco de la activación de las áreas lingüísticas del hemisferio dominante. Investigaciones posteriores en situaciones de normalidad confirman la existencia de muchas más áreas implicadas en el lenguaje. No obstante, trabajos llevados a cabo con sujetos con un buen nivel de lectura durante el procesamiento de estímulos lingüísticos visuales y auditivos demostraron mayores niveles del flujo sanguíneo cerebral en áreas temporales superiores y en el córtex angular y supramarginal del hemisferio izquierdo.

Estudios realizados sobre lectura de palabras demuestran la activación de áreas corticales occipitales bilaterales (estriadas y periestriadas), mientras que cuando la lectura viene acompañada de producción del lenguaje son las áreas sensoriomotoras, premotoras, área suplementaria e insulares las más activadas. Otros trabajos han encontrado múltiples áreas corticales y subcorticales que han sido asociadas con el lenguaje aunque cabe destacar la participación de áreas prefrontales izquierdas y el giro cingulado anterior, cerebelo y también los núcleos estriados (2).

Gran cantidad de trabajos han informado de lateralizaciones asociadas al lenguaje en uno o más picos de los potenciales evocados de larga latencia; en la mayor parte de los casos con amplitudes superiores sobre el hemisferio izquierdo en las personas diestras. También se han encontrado datos que justifican la implicación de ambos hemisferios en el procesamiento tanto de vocales como de consonantes, si bien las vocales se procesan antes que las consonantes y que el hemisferio derecho procesa mejor los estímulos no lingüísticos.

La mayor parte de los estudios sobre potenciales evocados y lenguaje se han centrado en la onda N400 (onda que aparece alrededor de los 400 milisegundos después de la aparición del estímulo lingüístico), inicialmente provocada como respuesta a palabras situadas al final de una frase e incongruentes semánticamente con el resto de la oración, aunque otras investigaciones parecen señalar que N400 no tiene una relación estricta con el procesamiento lingüístico o con el contexto semántico, ya que otras tareas como la rotación mental o la comparación de figuras geométricas también son capaces de elicitarla. Una interpretación más general sugiere que N400 refleja la utilización de la memoria a corto plazo para retener el contexto relevante a la tarea, semántica o de otro tipo, lo cual podría estar implicado, aunque como consecuencia y no directamente, en el procesamiento de oraciones largas. Por otro lado, trabajos con mapas de actividad eléctrica cerebral permiten confirmar una asimetría izquierda en áreas parietales y temporales anteriores, medias y posteriores de la banda alfa durante la discriminación fonémica (3).

Los trabajos con estimulación eléctrica cortical nos permiten abordar el lenguaje hablado de forma diferencial, dado que durante dicha estimulación se producen cortes del habla. La respuesta de corte parece estar estrechamente ligada a los sistemas de control motor del habla, pero no se pueden analizar más en términos de sus posibles papeles lingüísticos. La estimulación en una pequeña área de la corteza frontal inferior posterior izquierda (área de Broca) produce de manera constante cortes del habla.

Todos estos datos han contribuido a elaborar diferentes modelos neurológicos del lenguaje que van más allá de los modelos clásicos como el modelo de Wernicke-Geschwind el cual se construye asumiendo que la base nerviosa del habla y del lenguaje implica las siguientes estructuras: el área de Broca, el área de Wernicke, el área facial precentral y poscentral, el fascículo arqueado (que conecta el área de Broca con la de Wernicke), la circunvolución angular y la corteza visual y auditiva. Entre los diferentes modelos más recientes nos encontramos con algunos autores que

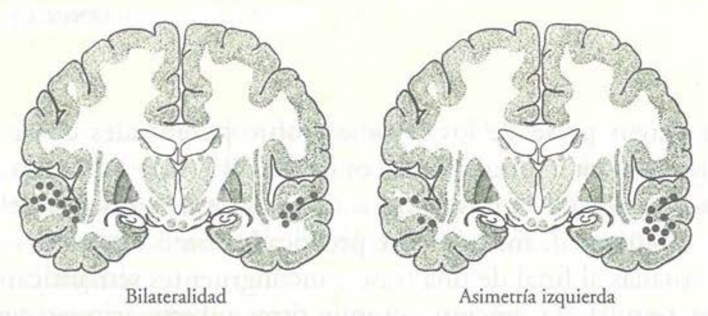


Figura 3.2. Representación de la actividad neuromagnética en un grupo de sujetos mayores durante una tarea de lectura de palabras. La imagen de la izquierda, correspondiente a las personas que habían aprendido a leer de mayores, representa una actividad bilateral con predominio derecho mientras que la de la derecha, correspondiente al grupo de personas que habían aprendido a leer de niños, aparece un predominio sobre el hemisferio izquierdo. (Figura elaborada a partir de Castro-Caldas y cols., 2009).

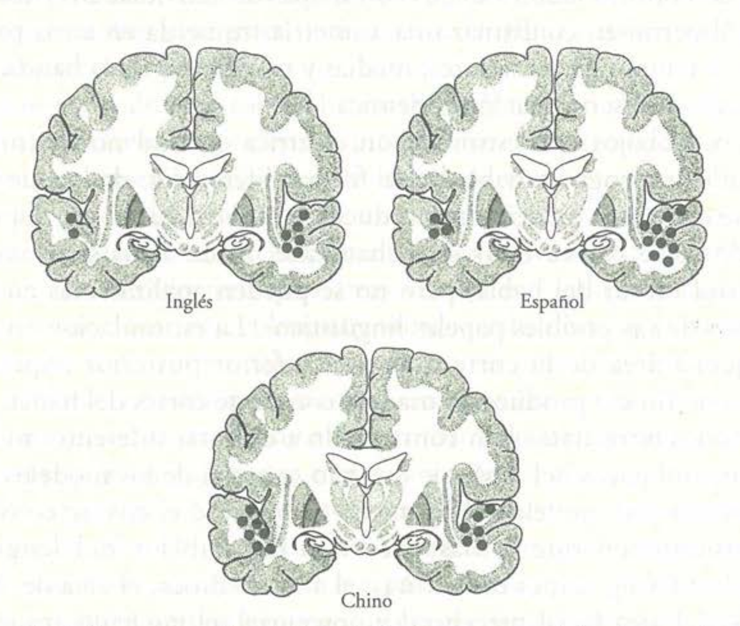


Figura 3.3. Representación de la actividad neuromagnética durante la comprensión visual de palabras en sujetos con lengua materna china, más bilateral, inglesa y castellana unilateral con predominio izquierdo. (Figura elaborada a partir de Valaki y cols., 2004).

LECTURA CASTELLANO

200-500 mseg 500-700 mseg

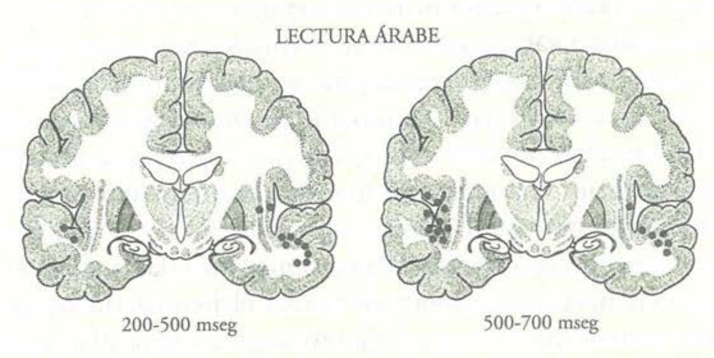


Figura 3.4. Representación de la actividad neuromagnética durante la comprensión visual de palabras en sujetos con lengua materna árabe, más bilateral, y castellana unilateral con predominio izquierdo. Figura elaborada a partir de Al-Hamouri y cols. (2005).

consideran la existencia de muchas y variadas áreas corticales implicadas en el lenguaje, tanto del hemisferio izquierdo como del derecho, que se encuentran interrelacionadas mediante complejas redes neuronales. Otros consideran que el lenguaje viene procesado por tres grandes conjuntos de estructuras neurales que interactúan entre sí:

a) sistema neural para el procesamiento de conceptos no lingüísticos,
b) sistema neural para la construcción de palabras y frases y
c) sistema neural mediador entre los dos primeros.

Por último, otros piensan que existen múltiples sistemas separados e independientes, para lectura, memoria verbal, escritura, lenguaje hablado, etc.); que cada sistema se compone de áreas esenciales (entre 1-2,5 cm) con una gran dispersión de neuronas; cada área esencial es localizable anatómicamente, aunque manifiesta gran variabilidad en cuanto al sexo y nivel cultural y por último que dichas áreas esenciales, con su gran dispersión neuronal, actúan de forma paralela (4).

No obstante lo anteriormente expuesto, y a pesar de los estudios llevados a cabo mediante las técnicas de neuroimagen y electrofisiológicas, creemos que el proceso neurofuncional del lenguaje permanece todavía desconocido, entre otras razones porque existen muchas variables biográficas, culturales, educacionales, lingüísticas, idiomáticas, etc., que influyen directamente en la organización cerebral del lenguaje. En este sentido hemos encontrado que cuando se aprende a leer a temprana edad y de forma analítica-secuencial-morfológica-sintáctica el hemisferio izquierdo es el más activo, mientras que cuando se aprende tardíamente a leer es el hemisferio derecho el más activo o en todo caso se lleva a cabo una actividad bilateral. En un estudio realizado con lectores tardíos, con sujetos formados por analfabetos que aprendieron a leer después de los 60 años, se les compara su perfil de actividad magnética cerebral con una serie de sujetos que habían aprendido a leer a la edad normal, los resultados fueron que los lectores tardíos mostraron un perfil de actividad con un mayor incremento en su hemisferio derecho frente al izquierdo (véase figura 3.2) (5). Otros estudios llevados a cabo en base a diferentes lenguajes encuentran organizaciones cerebrales diferentes, de hecho se han encontrado diferencias significativas entre el lenguaje chino, árabe, inglés y español, sobre todo en la utilización bilateral del lenguaje en chino y árabe mientras que se da una mayor lateralización izquierda en inglés y español (véanse figuras 3.3 y 3.4) (6), (7).

Lenguaje comprensivo

El estudio e interpretación del proceso de comprensión del lenguaje ha sido estudiado, por un lado, en pacientes que tienen deficiencias en discriminar los sonidos de las palabras(tendrían lesionado el centro para la comprensión de los sonidos del lenguaje), por otro, en pacientes que tienen lesionados los centros propios del lenguaje y que aunque pueden repetir el lenguaje son incapaces de comprender las palabras o de usarlas espontáneamente y por último con pacientes que como consecuencia de lesiones en las fibras que unen los centros del lenguaje (afasia sensorial transcortical) son incapaces de transmitir la información entre ellos, es decir, son incapaces de informar de los sonidos de las palabras a los centros de comprensión de las mismas.

Si bien es verdad que en la actualidad no podemos negar la realidad de sus resultados, el estudio más pormenorizado de las funciones del cerebro nos hace concebir un proceso de comprensión lingüística un poco más complejo que el expuesto anteriormente. Dentro de este proceso mucho más complejo cabría detallar por un lado la comprensión de las palabras y, por otro, la comprensión de las frases, que en última instancia es la base de la comunicación verbal.

La base neuroanatómica de la comprensión de las palabras fundada sobre el estudio de lesiones cerebrales, nos lleva por un lado a entender que las lesiones bilaterales de los lóbulos temporales afectan directamente a la discriminación acústica mientras que las lesiones unilaterales del lóbulo temporal izquierdo afectan a la comprensión fonémica y al significado de la palabra. Este enfoque basado en los aspectos lesionales nos lleva a entender el proceso de comprensión de la palabra de acuerdo con dos niveles de procesamiento de las palabras, uno acústico y otro fonémico.

Otra hipótesis, basada en la lesión, propone para la comprensión de la palabra una vía que vendría determinada por la conexión entre los sistemas de comprensión del lenguaje y otros sistemas de procesamiento del mismo y otra vía vinculada a la

actividad organizada del propio sistema de procesamiento semántico de la palabra. La hipótesis de desconexión vendría determinada por el clásico síndrome de afasia sensorial transcortical, que consistiría en una incapacidad por parte del paciente para hablar o entender mientras que la repetición sería normal.

La hipótesis del procesamiento semántico de la palabra está basada en dos procesos diferentes, por un lado, en déficits de categorías específicas, que tendrían su inmediata explicación en alteraciones en el programa de procesamiento semántico y, por otro, en déficits en el conocimiento parcial, de tal forma que el déficit en la comprensión de la palabra no puede explicarse en términos de pérdida de vocabulario sino en términos de déficits en el conocimiento que le impiden precisar mejor la información para diferenciar distintos tipos de fonemas. Tanto la pérdida parcial de la información como el déficit en categorías específicas afectan al sistema de procesamiento semántico de la comprensión de las palabras.

Dos nuevas concepciones han sido utilizadas en la explicación de los déficits en la comprensión de la palabra que justifican, en parte, lo dicho anteriormente, una que se basaría en una degradación del conocimiento verbal básico, que sería compatible con el déficit que afecta al conocimiento semántico y otra que consistiría en una dificultad de acceso al procesamiento de las palabras. Por último, y siguiendo este tipo de explicación, se proponen dos procesos, uno el de las propiedades sensoriales y otro el de las propiedades funcionales, para explicar el procesamiento en la comprensión de la palabra.

La comprensión de la palabra podría estar determinada por diferentes sistemas de procesamiento que van desde la propia discriminación acústica de los diferentes sonidos, la percepción categorial de los distintos fonemas y, por último, el significado propio de cada palabra en el contexto de la propia comunicación. Es esta última concepción la que nos lleva a la siguiente cuestión, que se refiere a la capacidad de memoria necesaria para poder reconocer e interpretar los diferentes fonemas combinados entre sí como ca-

paces de ser interpretados y entendidos dentro del contexto de la comunicación humana.

La base de la presente discusión viene determinada por el hecho de que el lenguaje consiste en una serie de palabras individuales que se organizan de acuerdo con unas leyes y reglas específicas que dan lugar a las frases. Podríamos decir que las palabras son como los ladrillos que se emplean para construir una casa, en función de cómo se organicen así darán lugar a uno u otro tipo de construcción. Por otro lado, las leyes de la gramática no se caracterizan sólo por el hecho de organizar las palabras en el contexto de la frase sino que también intervienen en la organización de frases enteras con el fin de modificar un significado dentro de un contexto de comunicación.

Desde el enfoque neuropsicológico, dos aspectos han sido tenidos en cuenta a la hora de explicar este fenómeno del lenguaje; por un lado, los procesos de comprensión de frases, asociados a lesiones del hemisferio izquierdo sin una localización unitaria y por otro los procesos en la construcción de frases más asociadas con lesiones anteriores frontales y temporales izquierdas; no obstante lo dicho también se han encontrado numerosos casos con lesiones temporales posteriores, parietales inferiores y lesiones en el fascículo arcuato.

Estos datos nos llevan a pensar asimismo en dos procesos distintos a la hora de entender los déficits en el procesamiento de frases; en primer lugar, alteraciones en el procesamiento semántico y, en segundo, alteraciones en los procesos sintácticos o gramaticales, aunque no cabe la menor duda de que estos dos procesos se encuentran íntimamente relacionados en la dinámica propia de la comunicación verbal.

Lenguaje hablado

El lenguaje hablado es una de las funciones más complejas que realiza el ser humano puesto que integra en la misma función procesos cerebrales córtico-subcorticales (corteza frontal promotora y

motora lingüísticas (núcleos estriados, cerebelo y sistema piramidal) y respuestas neuromusculares (tórax, cuello, cara, labios, laringe, faringe, cavidad bucal).

Las estructuras corticales encargadas de planificar y programar el lenguaje hablado se encuentran en el córtex prefrontal, principalmente en el área de Broca, las conexiones de estas estructuras con el hipocampo permitirán mantener la memoria necesaria para dicha organización y las conexiones con áreas temporales mediales, principalmente la de Wernicke, permitirán comprender el proceso motor del lenguaje. El siguiente paso será el ejecutor del proceso planificado mediante el sistema extrapiramidal en el que el cerebelo y los núcleos estriados serán los encargados de precisar, ajustar y coordinar el proceso motor. Por último, las conexiones del sistema piramidal con los músculos bucofonatorios harán posible el lenguaje hablado tal y como lo hacemos normalmente en nuestra vida diaria.

Los síndromes neuropsicológicos nos permiten por un lado poder interpretar los mecanismos neurobiológicos subyacentes al lenguaje hablado e intentar, además, adentrarnos en los procesos, teorías y modelos del mismo. Atendiendo a lo dicho, podemos observar que en diferentes tipos de afasia existen déficits específicos en el procesamiento y ejecución fonémica, como por ejemplo en la afasia de conducción, en la que se pueden observar pacientes que tienen dificultades en repetir pero no en hablar espontáneamente o viceversa. Esto nos podría llevar a entender dichos déficits sobre la base de diferentes modos de interpretar el proceso funcional del lenguaje hablado; por un lado, podríamos interpretar que existe un déficit específico en el acoplamiento entre la imagen auditiva o conceptual de la palabra y la imagen motora de la misma, lo que nos llevaría a diferentes tipos de tratamientos rehabilitadores. También es verdad que podemos interpretar los errores fonémicos en términos de alteraciones específicas de la memoria a corto plazo que se da anterior a la producción del lenguaje; si ésta es la interpretación, el programa rehabilitador tiene que contar necesariamente con subprogramas cognitivos que faci-

liten dichos procesos, mientras no parece que tengan la misma explicación neuropsicológica los déficits encontrados en afasias, tales como la afasia transcortical motora, donde la repetición de palabras y sentencias es bastante normal, en cambio aparecen numerosos errores parafásicos fonémicos, que podrían justificarse como déficits específicos en el acoplamiento entre los programas semánticos y el procesamiento fonémico.

Siguiendo con este tipo de consideraciones no se pueden valorar de igual manera las alteraciones disártricas en el lenguaje hablado, en las que los pacientes tienen intactos los programas de procesamiento lingüístico radicando el problema en la ejecución motriz propiamente dicha debido a dificultades en el ajuste, velocidad, acoplamiento de los movimientos buco-linguales implicados en el habla. En esta misma línea pacientes con adinamia, inercia o falta de iniciativa para la acción, propia de lesiones frontales, presentan como consecuencia una afasia no fluente. Asimismo consideramos que las dificultades en la organización temporal de los movimientos (secuenciación de los diferentes rasgos) necesarios para llevar a cabo cualquier tipo de fonema podrían estar asociadas con déficits específicos de la coordinación motriz independientes del proceso de producción lingüística y en este sentido debería ir encaminada la rehabilitación neuropsicológica.

Es importante, por lo tanto, que los padres con niños menores de tres años mantengan una buena relación del lenguaje hablado con ellos, utilizando el mayor número de palabras posibles y hablando de forma clara y concisa con los mismos; esto favorecerá la mejora del aprendizaje de la lengua en etapas escolares.

Lenguaje lector

La capacidad para leer puede llevarse a cabo mediante diferentes vías de aprendizaje que determinarán también diferentes redes neuronales, sin embargo la mayoría de los estudios se han llevado a cabo con niños con problemas de lectura. La postura generaliza-

da frente a los déficits en la lectura es que no es un síndrome unitario, es más, se han venido describiendo dos tipos muy diferentes de alteraciones lectoras, en base a la lesión y en base a si se acompañaban de otros déficits lingüísticos; en este sentido se habla de déficits lectores acompañados de déficits escritores o carentes de ellos (dislexia con agrafia o dislexia sin agrafia).

Un avance en esta concepción dual de los déficits lectores se apoyó en las teorías del procesamiento de la información que consideran que dichos déficits se producen como consecuencia de alteraciones específicas en alguna parte de dicho proceso, bien en los estadios de procesamiento visual, bien en los estadios de procesamiento lector.

Ambos enfoques vienen avalados por la localización de las lesiones, de tal forma que lesiones localizadas en las vías visuales incluyendo el lóbulo occipital y el esplenio del cuerpo calloso han dado lugar a un tipo determinado de dislexias, asociadas con el procesamiento visual, mientras que lesiones en el lóbulo temporal izquierdo están más asociadas con dislexias que son consecuencia de dificultades en el procesamiento auditivo, en cambio, lesiones originadas en el lóbulo parietal izquierdo han sido asociadas con dislexias con dificultades en el procesamiento espacial.

A la vista de lo anterior lo razonable es pensar que en este tipo de alteraciones el problema radica en el hecho de que los pacientes pierden algunos de los componentes implicados en la lectura como proceso funcional global, lo que distaría mucho de entender las dificultades lectoras como una simple descripción de signos neuropsicológicos.

Dislexia

Desde que Dejèrine demostrara en 1891 la existencia de alteraciones específicas en la lectoescritura en pacientes con lesiones en el área parieto-occipital inferior del hemisferio izquierdo, muchos han sido los trabajos de investigación que ha estudiado des-

de diferentes ángulos la dislexia. Ésta es una dificultad o retardo para aprender a leer aunque otros rendimientos escolares sean normales o incluso superior a los normales. Se trata de niños cuyo rendimiento escolar es normal, sin embargo no alcanzan el nivel de lectura que corresponde a sus capacidades intelectuales. La adquisición de las habilidades lectoras durante la infancia constituye uno de los aspectos fundamentales para el posterior desarrollo cultural y educativo de la persona. En muchos casos, estos problemas sólo pueden ser atribuidos a un trastorno específico en la adquisición de la lectura. Este trastorno específico constituye lo que habitualmente conocemos como dislexia, y se caracteriza por una imposibilidad para alcanzar el nivel de lector esperable de acuerdo con la edad cronológica y las capacidades intelectuales del sujeto, que no está justificado por problemas sensoriales, falta de oportunidades educativas, problemas en el desarrollo emocional o problemas neurológicos evidentes. Se estima que entre un 5 y un 17% de la población puede verse afectada por ella.

El origen de la dislexia es multifactorial debido, entre otras razones, al hecho de la existencia de múltiples factores neuroevolutivos implicados en el aprendizaje de la lectura, de tal forma que se han barajado múltiples hipótesis y teorías sobre la misma que van desde trastornos fonológicos que dificultarían el paso del código verbal visual al código verbal auditivo como consecuencia de una alteración de la memoria a corto plazo hasta trastornos de la motilidad ocular que dificultan considerablemente la consecución de una buena visión y la fijación de la mirada en un punto del espacio visual, lo que dificulta la exploración óptica secuencial de los grafemas.

Diversos autores (8) sugirieron que las dislexias podían clasificarse en aquellas que afectan a la capacidad del sujeto para analizar los rasgos visuales de la palabra escrita (dislexias periféricas o de la forma visual de la palabra), y aquellas que afectan a fases posteriores del proceso lector, asociadas con la extracción del sonido o del significado de lo impreso (dislexias centrales).

Las primeras se caracterizan porque los pacientes pronuncian sobre la base de un conocimiento parcial de las relaciones entre ortografía y sonido. Comprenden las palabras habladas, pero en el caso de palabras mal leídas, interpretaban su sonido, más que el texto impreso, de tal forma que leen mediante el sonido. Las características más destacables son:

a) la lectura de no palabras y palabras con correspondencia fonológicas regulares, es significativamente menor que la de palabras irregulares;
b) una alta frecuencia de errores de regularización de las palabras irregulares o de excepción;
c) la interpretación semántica se basa en la pronunciación y no en lo impreso;
d) frecuente confusión entre homófonos heterógrafos y
e) tienen grandes dificultades para leer palabras complejas, agrupaciones consonánticas, dígrafos vocálicos o letras ambiguas, cuyo valor fónico depende mucho del contexto grafémico.

Estos pacientes leen palabras aisladas y pasajes en prosa de forma fluida siempre que sean regulares. Las palabras irregulares se leen como palabras regulares no familiares aplicando las correspondencias ortográficas sonoras más comunes del lenguaje, por lo que tampoco tienen problemas con palabras sin sentido. Este patrón de características tiene como causa común el uso exclusivo de la ruta no léxica (fonológica) en la lectura, porque la ruta visual está dañada.

Las dislexias centrales se supone que dependen de operaciones de procesamiento subsiguientes al análisis visual inicial de una palabra impresa. Las dislexias centrales se han subdividido a su vez en diferentes categorías, en función del patrón de errores individuales cometidos por el paciente, y por tanto, de los supuestos subcomponentes o procesos afectados tras la lesión. En última instancia, la adscripción del paciente a una categoría determinada

depende de cómo sus patrones de errores se ajustan al modelo de lectura utilizado. Dentro de este grupo podríamos enclavar las dislexias fonológicas (9), en las que a veces no parecen disléxicos si su vocabulario visual es muy amplio. Su trastorno sólo es evidente si se les pide que lean no palabras. La características más sobresalientes son:

a) la lectura de palabras está prácticamente intacta;
b) tienen una gran dificultad en la lectura de no palabras;
c) errores visuales;
d) errores derivativos;
e) dificultad con las palabras funcionales.

Estos pacientes tenían una lesión en las regiones parieto-occipital del hemisferio izquierdo incluyendo el giro angular y con alguna extensión dentro de las estructuras subcorticales.

Recientemente se habla de dislexia de desarrollo como un trastorno del lenguaje que afecta principalmente a la habilidad de leer y escribir, con mayores dificultades en la lectura de pseudopalabras (dislexia fonológica) que en la de palabras irregulares (dislexia de superficie) y que está asociado a problemas que afectan al ritmo y la velocidad del aprendizaje escolar. Este enfoque dual de la lectura, léxico *versus* no léxico, viene determinado por la localización en el tipo de lesiones, mientras que en la dislexia fonológica las lesiones se localizaban en el giro temporal superior y amplias regiones parieto-temporales en la dislexia de superficie la lesión se localizaba en regiones occipitales y parieto-occipitales, es decir, muy posteriores.

Esta concepción dual ha dado lugar a un análisis de las dislexias en función de su vinculación con dos mecanismos neurofuncionales distintos:

1. La primera, más relacionada con la dislexia fonológica, ha sido ampliamente estudiada por Galaburda llegando a la conclusión de que los cerebros de niños disléxicos tienen

malformaciones, como consecuencia de migraciones anormales (ectopias), en áreas vinculadas a los procesos fonológicos. Las áreas corticales más destacadas son: áreas perisilvianas, región prefrontal inferior (región de Broca), región subcentral, opérculo parietal, giro angular y supramarginal, giro temporal superior posterior y superior (área de Wernicke) y región témporo-occipital; a resultados muy similares hemos llegado mediante la magnetoencefalografía en niños disléxicos durante la lectura de palabras (véase figura 3.5).

2. En el segundo caso, las alteraciones en los procesos visuales de los niños disléxicos vendrían determinadas principalmente por alteraciones en la vía magnocelular del sistema visual que tiene su sede en el núcleo geniculado lateral del

COMPARACIÓN MEG-ECTOPÍAS EN NIÑOS DISLÉXICOS

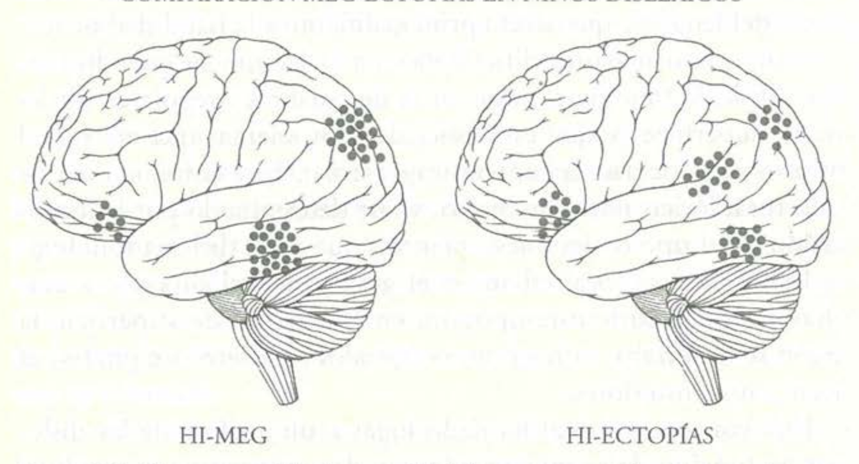


Figura 3.5. Representación de la actividad neuromagnética durante la comprensión visual de palabras en niños disléxicos. Aparecen diferencias significativas frente al grupo normal en áreas parietales, área fusiforme del hemisferio izquierdo (HI) (imagen izquierda). Representación de áreas ectópicas similares (imagen de la derecha) (imágenes elaboradas a partir de Galaburda 1993, 2006).

> tálamo, responsable de las diferencias sutiles de contraste y de movimiento, es decir, aquellos que cambian rápidamente, alteraciones que dan lugar a potenciales evocados visuales más lentos y de menor amplitud en niños disléxicos. Estos datos revelan una gran variedad de anomalías anatómicas y hacen suponer que el trastorno de la lectura debiera afectar a más de una modalidad y que la rehabilitación debería estar enfocada en función de las lesiones específicas dando lugar a dos tipos de estrategias terapeúticas, *top-down* (cognitivas) y *bottom-up* (sensoperceptivas) (10).

Los resultados del análisis con magnetoencefalografía en esta patología, aunque a un nivel aún preliminar, comienzan a aportar evidencias sobre las relaciones entre el establecimiento de los circuitos encargados de la lectura de palabras durante el desarrollo y los problemas de dislexia. En nuestros estudios hemos utilizado una tarea de lectura que enfatiza el procesamiento fonológico de los estímulos durante la lectura. La muestra utilizada ha consistido en niños varones de entre 8 y 13 años de edad. Podemos subrayar dos aspectos en los resultados obtenidos primero, en el grupo de control (compuesto por niños sin problemas de lectura, que presentan un rendimiento normal o por encima de la media en las pruebas de evaluación y sin problemas de rendimiento académico) los análisis muestran que el grado de actividad en regiones temporales y parietales inferiores del hemisferio izquierdo en latencias tardías, en torno a los 550-590 milisegundos post-estímulo, está directamente correlacionado con el rendimiento lector. Es decir, que dentro del rango normal de habilidades lectoras, el mayor reclutamiento de estas regiones implicadas en el procesamiento lingüístico está relacionado con una mejor ejecución conductual.

En segundo lugar, los análisis preliminares que resultan de examinar las diferencias entre sujetos con trastornos en la adquisición de la lectura frente al grupo control muestran una menor activación particularmente en regiones temporo-parietales del hemisferio izquierdo en niños disléxicos, en la ventana temporal

de entre 300 y 400 milisegundos post-estímulo. Este resultado es congruente con los obtenidos previamente que indican una menor actividad durante tareas lectoras en los circuitos posteriores izquierdos para los sujetos que sufren dislexia. Por otro lado, los análisis efectuados utilizando sólo los estímulos que son respondidos correctamente (es decir, sólo en los casos en los que la lectura del estímulo es adecuada, tanto para sujetos disléxicos como para sujetos control) muestran una mayor activación cerebral en los sujetos con dislexia en regiones frontales hacia los 400 milisegundos post-estímulo. A la espera de realizar análisis más extensos y detallados, estos resultados parecen indicar que a pesar de que los sujetos con dislexia reclutan en menor medida las regiones temporo-parietales implicadas en los procesos lectores de manera automática, pueden alcanzar ocasionalmente un adecuado rendimiento lector a expensas de implicar circuitos cerebrales adicionales en regiones frontales del hemisferio derecho.

Lenguaje escrito

El proceso lógico de aprender a escribir en la mayoría de las personas pasa primero por comprender las palabras, después por leerlas y por último escribirlas, lo que conlleva un proceso de aprendizaje y, sobre todo, de memoria así como de una serie de habilidades cognitivas integradas en todo el proceso de adquisición del lenguaje. Sin embargo, si esto fuera exclusivamente así, probablemente solamente las áreas temporales anteriores izquierdas pudieran ser objeto de estudio vinculado a la escritura; pero se sabe que también áreas parietales izquierdas están implicadas en la escritura, por lo que también la memoria visual y espacial puede tener su importancia en la escritura. De hecho, muchas personas necesitan escribir las palabras para poderlas pronunciar correctamente, lo que obviamente conlleva una memoria no auditiva.

No cabe la menor duda de que el inicio de la alfabetización, la forma de las letras y el cómo aquélla se lleve a cabo son básicos en

el desarrollo cerebral; personas no alfabetizadas organizan la información de diferente forma que las alfabetizadas y el tipo y forma de la escritura también son importantes en la organización cerebral durante el proceso de aprendizaje. Incluso se sabe que cada lengua organiza las redes neuronales de diferente manera, aunque existen tres grandes áreas que se identifican en la lectura, como son el córtex prefrontal, el área de Wernicke y circunvolución angular y la parte inferior y posterior del lóbulo temporal, la denominada «área visual de la forma de palabras», la amplitud e intensidad de las mismas difiere en las diferentes lenguas. Los ingleses reconocen mejor las palabras enteras (activan más el área posterior-inferior del lóbulo temporal) mientras que los italianos o españoles reconocen mejor las letras y sus respectivos sonidos (activan más el área de Wernicke y la circunvolución angular).

Dado que el sistema de maduración cerebral no se da en todos los niños de igual manera quizás convendría, en esta primera etapa que constituye la educación de preescolar, mantener una disposición de enseñanza más globalizada del lenguaje tanto hablado como escrito y lector en el que se activara el hemisferio derecho hasta la mejor predisposición madurativa del izquierdo, mejor que enseñar a los niños destrezas fonológicas o deletreo de palabras como medida de mejora del inicio de aprender a leer en clase. No obstante, sabemos que en la lengua española la correspondencia entre sonido-letra resulta muy eficaz en el aprendizaje de la lectura escolar.

Un primer problema neuropsicológico que se nos plantea es saber si la escritura es una habilidad independiente del habla o por el contrario es un *continuum* en el que dichos procesos se encuentran implicados, y por otro lado si la escritura puede identificarse en un centro, al igual que el lenguaje, tal y como se propone Exner (11) o por el contrario son varias las áreas implicadas en la escritura. Estos planteamientos conducen a la formulación de las siguientes posibilidades:

— Las alteraciones en la escritura suceden como consecuencia de alteraciones específicas de algún tipo de apraxia.

— Las alteraciones en la escritura suceden como consecuencia de alteraciones en la memoria de determinados patrones motrices.
— Las alteraciones en la escritura suceden como consecuencia de alteraciones en la secuenciación y organización de los movimientos.
— Las alteraciones en la escritura suceden como consecuencia de alteraciones específicas en el procesamiento del lenguaje.
— Las alteraciones en la escritura suceden como consecuencia de alteraciones en los programas visoperceptivos.

Cualquiera de las anteriores aproximaciones nos llevaría a diferentes programas de rehabilitación de los trastornos del lenguaje.

Si nos atenemos a la literatura existente, encontraremos que diferentes investigadores han hallado alteraciones en la escritura como consecuencia de dificultades específicas en el campo visoperceptivo, e identificado este tipo de alteraciones en pacientes con lesiones parietales posteriores (12). Otros, por el contrario, han encontrado que las alteraciones en la escritura son consecuencia de alteraciones en los movimientos voluntarios, otros en cambio han asociado dichas alteraciones con deterioros de la capacidad para los gestos, manteniendo una buena capacidad para la copia y el dibujo. En un sentido distinto, diferentes investigaciones muestran que las alteraciones en la escritura están asociadas con múltiples errores lingüísticos, que van desde sustituciones, cambios de letras, omisiones, etc., lo que estaría directamente relacionado con el procesamiento fonológico del lenguaje (13).

Disgrafía

Aunque con menor intensidad que las dislexias existe un trastorno del lenguaje que afecta principalmente a la escritura conocido como disgrafía. La disgrafía se caracteriza por alteraciones específicas en la escritura en niños que no manifiestan ningún tipo de alteración neu-

rológica, motora o intelectual que puedan explicarlas. Las disgrafías podrían estar asociadas a diferentes déficits neuropsicológicos que van desde alteraciones en la organización perceptivo motriz, pasando por déficits específicos en la organización del gesto (praxias) y de estímulos en el espacio, hasta alteraciones específicas del lenguaje, principalmente relacionadas con el lenguaje expresivo.

Ajuriaguerra (14) describe los signos más característicos de esta anomalía del lenguaje:

1. *Escritura rígida*: angulosa, inclinada a la derecha, crispada, irregular, desorganizada, impulsiva, descontrolada.
2. *Escritura débil*: irregular, desorganizada, negligente.
3. *Escritura impulsiva*: imprecisa, de poca calidad, desorganizada en el espacio.
4. *Mala escritura*: se caracteriza por ser una escritura cuyas formas son desproporcionadas, irregulares, mal organizadas en el espacio, pesadas, emborronadas.
5. *Escritura lenta*: de buena forma, muy precisa, muy cuidada.

Es posible describir otras clasificaciones tales como:

1. *Disgrafía fonológica*: se caracteriza por errores ortográficos que se producen principalmente cuando se somete al paciente a escritura de seudopalabras o a la dificultad de escribir letras por sus sonidos (15).
2. *Disgrafía profunda*: se caracteriza principalmente por errores semánticos o por errores semánticos con ortografía incorrecta (16).
3. *Disgrafía de superficie*: se caracteriza por abundantes errores fónicos y escritura muy pobre de palabras irregulares (17).
4. *Disgrafías periféricas* que en función de la alteración que manifiesten se distinguen entre:

    a) *Disgrafía periférica*, que se produce como *consecuencia de alteraciones* en el nivel y se manifiesta por frecuentes

errores ortográficos, tales como, adiciones, omisiones, sustituciones, transposiciones de letras, la copia es buena, alteración en la ortografía de las seudopalabras (18).

b) *Disgrafía periférica asociada* con alteraciones en el nivel alográfico: que generan alteraciones en palabras irregulares mientras escriben correctamente palabras comunes, sustituciones de letras (19, 20).

c) *Disgrafía periférica inducida* por alteraciones en la seleccion de patrones grafomotores, se caracteriza por la alteración en el conocimiento de la secuenciación de movimientos necesarios para escribir, de tal forma que escriben letras incorrectas, incompletas o contaminadas, como si estuviesen fusionadas (21).

Aplicaciones en el campo de la educación

Un modo de fomentar las habilidades lingüísticas tanto a nivel familiar como escolar es que los niños tengan la oportunidad de escuchar y sobre todo hablar muchas palabras y frases diferentes. Hablar mucho con los niños, primero con palabras cortas, después con palabras más complejas y lo mismo a nivel de las frases, introduciendo nuevas palabras y fases complejas es básico para mejorar el lenguaje. En niños muy pequeños aprender el lenguaje mediante cantos y nanas infantiles será todavía más efectivo. En toda la etapa educativa es de suma importancia hablar mucho con los niños pero sobre todo que ellos también hablen dando respuestas a las preguntas, situaciones o experiencias que les ofrecen, también es importante la lectura comprensiva y vigilada por los padres y maestros de tal forma que se les pregunten lo leído y no dejen a la propia experiencia del niño la comprensión del texto.

La música de fondo favorece sustancialmente la comprensión lectora, en las clases de lengua la música sería una buena ayuda para focalizar la atención de los niños y mejorar su comprensión verbal.

El entrenamiento cognitivo, mediante programas de ordenador, a niños disléxicos, debería afrontarse desde dos tipos de estrategias terapéuticas:

1. *Programa de estimulación bottom-up* (sensoperceptivas) con múltiples estímulos verbales visuales de diferentes formas, tamaños, colores y localización en la pantalla de tal forma que estimulen la vía visual y se logre una mejor precisión y rapidez en la discriminación visual, organización espacial y localización de letras y fonemas en medio de las palabras de dichos estímulos verbales hasta conseguir mecanismos automáticos de lectura. En este tipo de programas, la velocidad de presentación de estímulos, la organización en la pantalla, y las características físicas de los mismos serán de suma importancia en la rehabilitación de la dislexia.
2. *Programa de estimulación top-down* (cognitivas) con una gran variedad de estímulos lingüísticos, sintácticos, gramaticales, de contenido verbal, seudopalabras, etc., serán imprescindibles para una mejora rápida de los procesos de adquisición lectora. En este tipo de programas la variedad y complejidad semántica, sintáctica y gramatical de estímulos verbales permitirá una mayor actividad del hemisferio izquierdo, que está más hipofuncionante en niños disléxicos.

En cuanto a los problemas de disgrafía, lo más importante es detectar a tiempo los pequeños errores que puedan tener los niños tanto en la lectura como en la escritura para poder corregirlos lo antes posible. El sistema más apropiado es un buen diagnóstico del déficit concreto escritor y posteriormente un buen sistema de estimulación diario, organizado y sistematizado dirigido concreta y específicamente a dicho déficit. La estimulación de la precisión, secuenciación y discriminación motrices así como el equilibrio serán básicos para mejorar este tipo de déficit escolar.

Referencias bibliográficas

1. ORTIZ, T. (1997): *Neuropsicología del lenguaje*, Madrid, CEPE.
2. CHERTKOW, H. y BUB, D. (1994): «Functional activation and cognition: The 15° PET subtraction method». En A. Kertesz *Localization and neuroimaging in neuropsychology*, Nueva York, Academia Press, pp. 152-184.
3. ORTIZ, T., EXPÓSITO, M. MIGUEL, J. MARTIN-LOECHES, M. y RUBIA, F. (1992): «Brain mapping in dysphonemic dyslexia: In resting and phonemic discrimination conditions», *Brain and Language*, 42, 270-285.
4. OJEMAN, G. A. (1994): «Cortical stimulation and recording in language». En A. Kertesz *Localization and neuroimaging in neuropsychology*, Nueva York, Academia Press, pp. 35-56.
5. CASTRO-CALDAS, A., NUNES, V., MAESTÚ, F., ORTIZ, T., SIMÕES, R., FERNANDES, R., DE LA GUIA, E., GARCÍA, E., GONCALVES, M. «Learning Orthography in Adulthood: A Magnetoencephalographic Study». *Journal of Neuropsychology* (en prensa).
6. VALAKI, C., MAESTÚ, F., SIMOS, P. G., ZHANG, W., FERNÁNDEZ, A., AMO, C., PAPANICOLAOU, A. C., ORTIZ, T. (2004): «Cortical organization for receptive language functions in chinese, english and spanish: A cross-linguistic MEG study», *Neuropsychologia*, 42: 967-979.
7. AL-HAMOURI, F., MAESTÚ, F., DEL RÍO, D., FERNÁNDEZ, S., CAMPO, P., CAPILLA, A., GARCÍA, E., GONZÁLEZ-MARQUÉS, J., ORTIZ, T. (2005): «Brain dynamics of arabic reading: a MEG study», *Neuroreport* 16(16): 1861-1864.
8. SHALLICE, T. y WARRINGTON, E. K. (1980-): «Single and multiple component central dyslexic syndromes». En M. Coltheart, K.E. Paterson y J. C. Marshall (eds.), *Deep dyslexia*, pp. 119-145, Londres, Routledge.
9. BEAUVOIS, M. F. y DÉROUESNÉ, J. (1979): «Phonological dyslexia: Three dissociations», *J Neurol, Neurosurg Psychiatry*, 42, 115-124.
10. GALABURDA, A. M. y CESTNICK, L. (2006): «Dislexia de desarrollo», En F. Mulas (ed) *Dificultades de aprendizaje*, Barcelona, Viguera.
11. EXNER, S. (1881): *Untersuchungen über die localisation der funktionen in der grosshirmrinde des menschen*, Viena, Braumuller.
12. CRARY, M. A. y HEILMAN, K. M. (1988): «Letter imagery déficits in a case of pure apraxic agraphia», *Brain and language*, 34, 147-156.
13. SHALLICE, T. (1988): *From neuropsychology to mental structure*, Nueva York, Cambridge University Press.

14. AJURIAGUERRA, J. (1977): *La escritura del niño,* Barcelona, Laia.
15. SHALLICE, T. (1981): «Phonological agraphia and the lexical route in writing», *Brain,* 104, 413-429.
16. BUB, D. y KERTESZ, A. (1982): «Deep agraphia», *Brain and language,* 17, 146-165.
17. HATFIELD, F. M. y PATTERSON, K. E. (1983): «Phonological spelling», *Quarterly journal of Experimental Psychology,* 35A, 451-468.
18. MICELI, G., SILVERI, M. C. y CAMARAZZA, A. (1985): «Cognitive análisis of a case of pure agraphia», *Brain and language,* 25, 187-212.
19. GOODMAN, R. A. y CARAMAZZA, A. (1986): «Dissociation of spelling errors in written and oral spelling. The role of allographic conversion in writing», *Cognitive neuropsychology,* 3, 179-206.
20. GOODMAN, R. A. y CARAMAZZA, A. (1986): «Aspects of spelling process: Evidence from a case of acquiered dysgraphia». *Language and cognition processes,* 1, 263-296.
21. BAXTER, D. M. y WARRINGTON, E. K. (1986): «Ideational agraphia: a single case study». *J Neurol Neurosurg Psychiatry,* 49, 369-374.

CAPÍTULO 4

APRENDIZAJE Y MEMORIA

Aprendizaje

El aprendizaje es el foco de mayor interés en la etapa escolar puesto que se trata de un período en el que el cerebro humano está preparado para desarrollar numerosas conexiones que posteriormente se convertirán en redes estables del conocimiento y que darán lugar a nuestra memoria. El aprendizaje será, pues, desde el punto de vista conductual un proceso mediante el cual somos capaces de adquirir un nuevo comportamiento, conocimiento o habilidad y desde el punto de vista cerebral será el proceso mediante el cual diferentes grupos neuronales de diferentes áreas cerebrales se conectan al unísono para crear una red estable temporalmente hasta que el ejercicio y la repetición conviertan dicha red en estable permanentemente.

Desde el punto de vista cerebral el aprendizaje va a permitir una generación de nuevas neuronas cerebrales así como de nuevas conexiones dendríticas que van a crear una red neuronal cada vez

más amplia y compleja de áreas interconexionadas y bien establecidas. Esta red neuronal permitirá integrar de forma rápida y eficaz nuevas informaciones, por lo que el aprendizaje puede ser entendido, desde el punto de vista cerebral, como producto de la interacción entre la información nueva y la ya asimilada, es decir la red neuronal ya establecida se beneficiaría del nuevo estímulo y el cerebro no tendría por qué establecer una nueva red neuronal para cada nuevo aprendizaje.

Un buen aprendizaje es aquel que permite desarrollar cada vez más conexiones entre diferentes áreas cerebrales, que facilite la integración de dichas conexiones dentro de una red neuronal y que esta red sea partícipe de redes anteriores consolidadas. Ello permitirá, por un lado, favorecer la velocidad del aprendizaje, al tener el cerebro una base neuronal en la que apoyar los nuevos conocimientos y por otro una mejora en la calidad de análisis, asociación, evitación del error, toma de decisión y en última instancia de resolución de problemas y de adaptación a los diferentes entornos ambientales en los que el niño se desenvuelve.

Este enfoque cerebral del aprendizaje nos lleva a entender el mismo como un proceso dinámico en el que el cerebro está en constante funcionamiento, analizando, asociando, elaborando nuevas conexiones cerebrales, afianzando las que están muy experimentadas, lo que confiere a nuestro cerebro una gran capacidad de adaptación al medio, una gran agilidad para la toma de decisiones, una gran eficacia en el proceso de aprendizaje y una gran capacidad para analizar nuevas situaciones y conductas. Disponemos de un cerebro que es feliz analizando y comparando situaciones nuevas, por lo que una enseñanza en la que se le presenten al cerebro nuevas y variadas alternativas será mucho mejor que aquella en la que el cerebro tenga que dar siempre un mismo tipo de respuesta, aunque ésta sea siempre correcta.

Lo importante para los profesores es el tipo, sistema o método de enseñanza a seguir para que el aprendizaje sea lo mejor posible, en este sentido, existen diferentes formas de entender el aprendi-

zaje que podrían ser utilizadas en entornos educativos, al margen de las ya clásicas de condicionamiento clásico u operante:

Aprendizaje por modelos

Una forma de aprendizaje muy rápida y bien desarrollada en el cerebro es mediante modelos. La instrucción a través de modelos es muy importante, toda vez que el individuo no aprende exclusivamente gracias a los genes o a su bagaje biológico mediante la interacción con el entorno entre otras razones porque el cerebro organiza, da sentido, jerarquiza de forma muy rápida y precisa los datos con el fin, a partir de ellos, extraer o crear modelos (1). La ventaja de este proceso de aprendizaje es que desde niños el cerebro tiende a llevar a cabo este modelo constructor por lo que la enseñanza basada en este formato sería mucho más provechosa y más veloz en el sistema de aprendizaje. Es más, las conexiones cerebrales establecidas mediante la formación de un modelo se ponen en marcha inmediatamente aunque la persona no tenga todo el modelo establecido de forma sensorial, ya que el cerebro mediante estas conexiones será capaz de conformar todo el modelo sobre la base de pocos estímulos. Se considera que, en modelos fuertemente conexionados en el cerebro, como pueden ser los emocionales, con un 25% de estímulos de dicho modelo el cerebro puede llevar a cabo todo el proceso de identificación.

El cerebro a la hora crear un modelo consume mucha más glucosa en el hemisferio derecho, responsable de los estímulos novedosos. Sin embargo, una vez que el modelo está bien conexionado cerebralmente es el hemisferio izquierdo el que lo pone en marcha; por ello, que a medida que avanzamos en nuestra vida tendemos a llevar a cabo comportamientos muy modelizados que tienen su mayor actividad en el hemisferio izquierdo. El ejemplo más claro de lo anterior podría ser el del niño cuando comienza a organizar en su cerebro la imagen de sus padres y familiares cerca-

nos; en esta etapa la mayor actividad se centra en el hemisferio derecho, pero una vez que ha conseguido la familiaridad con la imagen es el cerebro izquierdo el que se encarga de llevar a cabo el proceso de reconocimiento. El resultado práctico de este proceso es que cuando vemos caras familiares y conocidas activamos más el hemisferio izquierdo mientras que cuando las caras son nuevas o desconocidas activamos más el hemisferio derecho hasta conseguir la antes citada familiaridad (2). Lo mismo se podría decir de una tarea verbal, si incorporamos alguna novedad en la misma, por ejemplo averiguar qué letra, vocal o fonema aparece en una determinada palabra, lo que estamos haciendo es activar predominantemente el hemisferio derecho, pero a medida que dicho proceso se vuelve familiar por la repetición lo que hacemos es activar el hemisferio izquierdo. Este proceso se ha demostrado en un estudio (3) en el que se les pedía a los sujetos que identificaran si una determinada letra aparecía en una palabra (una actividad muy familiar en los niños); entonces se activaba el hemisferio izquierdo, mientras que si se les pedía dónde se encontraba una determinada letra, si a la izquierda o a la derecha (actividad novedosa), se activaba el hemisferio derecho. En este tipo de enfoque del aprendizaje, cuantas más cosas nuevas tenga el cerebro para integrarlas o rechazarlas en sus diferentes modelos de conexiones y redes cerebrales establecidas mejor y mayor será la capacidad de desarrollo del mismo y el propio aprendizaje será cuantitativamente mayor y de mejor calidad; éste sería un buen sistema de enseñanza para alumnos de secundaria donde la integración de modelos estables es una base importante en el desarrollo cerebral.

Aprendizaje por repetición

Otra forma de aprendizaje es mediante la repetición de conductas hasta conseguir una familiarización con el proceso, lo que conllevaría al final la aparición de un modelo estructurado y bien conexionado cerebralmente. Este proceso activa principalmente

la corteza promotora y la corteza frontal inferior izquierdas. El ejemplo más claro de este proceso es el lenguaje, en el que, a base de repetir y repetir conseguimos desarrollar una estructura capaz de comunicarnos. La velocidad del aprendizaje del lenguaje aumenta cuando le atribuimos significado, incluso cambian las áreas cerebrales más activadas. Cuando pretendemos recordar algo se activan estas áreas y a veces decimos que tenemos la palabra en la «punta de la lengua», justamente este recuerdo está asociado a la activación de estas áreas motoras corticales. Este sistema de aprendizaje favorecería el almacenamiento de la información, es propio de los opositores e implicaría la corteza promotora y la corteza frontal inferior del hemisferio izquierdo y conexiones cercanas entre áreas corticales, entre otras razones porque la repetición conlleva códigos articulatorios del material a recordar. Este sistema de enseñanza de «reperir por repetir» aunque lo que estamos aprendiendo carezca de significado, genera un aumento en la capacidad de memoria, de recuerdo y de almacenaje de la información. Un ejemplo de este tipo de aprendizaje lo constituye la experiencia de cuando éramos niños y nos hacían aprender de memoria poesías que no entendíamos y cuyo significado para nosotros era desconocido.

En esta forma de aprendizaje el cerebro solamente se limita a afianzar los modelos de redes neuronales ya existentes, va a darles una mayor estabilidad, conexiones más duraderas, mayor automatismo y rapidez a la hora de ejecutar las conductas asociadas con dichas conexiones y una menor capacidad de aprendizajes nuevos y novedosos. Es el sistema de aprendizaje ejemplificado por el buen profesional que domina una sola materia, instrumento, profesión o área de conocimiento pero que fuera de ellas no sabe nada o muy poco y se contrapone al del mundo del Renacimiento en el que el hombre culto se caracterizaba por dominar muchas técnicas, instrumentos o conocimientos (el ejemplo más claro de lo que quiero expresar sería el de Leonardo da Vinci, hombre polifacético con dominio de la arquitectura, la pintura, la anatomía, la escritura, la cultura, la política, etcétera).

No obstante lo anterior, éste es uno de los sistemas de aprendizaje más utilizado a lo largo de la historia de la humanidad cuando los conocimientos pasaban de padres a hijos mediante la repetición sistemática de los contenidos verbales, y sobre todo es muy utilizado en los entornos educativos. Sin embargo, la pregunta que cabe plantearse es si este sistema es el mejor para el desarrollo integral del cerebro y si este sistema mejora la capacidad de recuerdo o es necesario un sistema de enseñanza que no se base exclusivamente en la repetición sino que intente educar al niño en la búsqueda de elementos que les permitan acceder a todo tipo de información almacenada sin necesidad de recurrir sistemáticamente a los patrones establecidos por la repetición. Obviamente, mi postura personal es que es mucho mejor educar a los niños en un sistema abierto de información, de selección de la misma, de integración y discusión que les permita recuperar la información almacenada en diferentes circunstancias y en situaciones novedosas, es decir, me inclino por una enseñanza basada en la búsqueda de soluciones más que en la memoria de soluciones. Para conseguir este objetivo el niño necesita mucho más tiempo para almacenar los componentes básicos y analizar, comparar y procesar dicha información que si se lleva a cabo los procesos meramente repetitivos. Además, el profesor deberá facilitar intervalos de descanso, que tendrá que controlar en función de la edad, para que dicha información sea asimilada adecuadamente.

Aprendizaje por visualización

Otra forma interesante de aprendizaje es mediante la visualización de los hechos, objetos y procesos: Einstein confesaba que lo primero que hacía era visualizar el proceso matemático. En efecto, se recuerdan mejor las palabras asociadas con objetos, cosas, situaciones, lugares, etc., que las palabras abstractas, lo que nos lleva a pensar que el aprendizaje mediante visualización sería más fácil y mucho más rápido, es más, cuando visualizamos algo se activan

casi las mismas áreas cerebrales, aunque en menor intensidad, que cuando realizamos la acción. El área del cerebro más implicada en este proceso de aprendizaje es la corteza parietal, área implicada en el procesamiento de estímulos espaciales, curiosamente el área más diferencial en el cerebro de Einstein.

La corteza motora secundaria, además de estar implicada en la planificación de conductas motrices complejas en asociación con el córtex prefrontal dorsolateral, también se ha descubierto que cuando un sujeto imagina una acción o la planifica, aunque no la lleve a efecto se activa el área motora secuendaria, la corteza promotora y las áreas motoras del cíngulo anterior (4).

Otro estudio interesante que justifica la importancia de la imaginación en el aprendizaje es el que llevaron a cabo Yue y Cole (5) con dos grupos de sujetos, a uno se les pidió que ejercitaran un músculo del dedo mientras que el otro grupo no tenía que mover dicho dedo sino solamente visualizar mentalmente que lo estaba moviendo, el resultado fue que el grupo que ejercitó el dedo aumentó la fuerza muscular del mismo en un 30% mientras que el grupo que solamente llevó a cabo el proceso mental visual, imaginándose la misma acción pero sin llevarla acabo motrizmente aumentó la fuerza muscular del dedo en un 22%.

Éste es un tipo de aprendizaje para el cual el cerebro dispone de una red muy consolidada; es capaz de ponerla en marcha y llevar a cabo una acción directa sobre la conducta a realizar sin la realización de la misma, en el fondo lo que hace el cerebro es reforzar el sistema de análisis, asociación y elaboración de la información ya establecida para llevar a cabo una determinada conducta. Se trata de un aprendizaje que favorece una mayor rapidez en la toma de decisiones y la disminución de los errores cuando se ha de realizar la conducta propiamente dicha. Este tipo de aprendizaje, que consiste en reforzar las redes neuronales responsables de la elaboración del programa cognitivo-motor necesario para llevar a cabo una acción, ha sido y es muy utilizado por los deportistas para mejorar sus tiempos de reacción, evitar los errores y adoptar una mejor decisión en la conducta que tendrá que ejecu-

tar posteriormente. Este tipo de aprendizaje también favorece la motivación de cara a la realización de la conducta en cuestión, entre otras razones porque uno se siente más seguro al saber que tiene un conocimiento previo sobre la conducta que deberá llevar a cabo posteriormente.

Resulta muy positivo utilizar también este sistema de aprendizaje en el medio escolar, sobre todo en aquellas materias en las que los alumnos se sientan muy inseguros y en las que se quiere reforzar el aprendizaje de determinados contenidos.

Aprendizaje por imitación

El aprendizaje por imitación es el más común y más temprano en el desarrollo cerebral, es el que utilizan los bebés como mecanismo de conocimiento de su entorno, es el aprendizaje típico de la socialización humana. Según muchos investigadores, es un proceso innato en el ser humano y en animales superiores, de hecho los bebés con pocos días de vida son capaces de imitar gestos de comunicación con sus padres. En el colegio èl aprendizaje por imitación es muy común, desde el propio estilo, tono o acento del lenguaje hasta formas de vestir, andar o comportarse públicamente, incluso estos procesos se llevan a cabo, aunque de forma menos frecuente en la edad adulta.

Hasta hace muy poco se pensaba que esta forma de aprendizaje era eminentemente social y que no tendría una relación muy directa con el cerebro, Sin embargo, esta concepción ha cambiado, a raíz de los descubrimientos de Rizzolatti y colaboradores sobre las neuronas en espejo y su importancia en la conducta social (se llaman así porque reflejan como si fuese en un espejo la conducta observada), se sabe que existen en el cerebro neuronas específicas que se ponen en marcha en el propio proceso de imitación, estas neuronas curiosamente se encuentran en la corteza promotora, responsable como se ha dicho anteriormente del aprendizaje motor (6, 7, 8).

Este proceso es muy importante en la etapa preescolar porque desarrolla, en gran medida, las áreas frontales capaces de inhibir la conducta de imitación; de hecho, en pacientes con lesiones en estas áreas son incapaces de inhibir la conducta imitativa y constantemente está repitiendo lo que hacen los demás. En la medida en que este lóbulo se va madurando los niños van siendo capaces de inhibir al instante las conductas repetitivas por imitación de los demás, por lo tanto una manifestación del desarrollo del córtex prefrontal en esta etapa es la capacidad de inhibición de conductas imitativas.

No obstante lo dicho, en el campo educativo se imitan muchas cosas y situaciones y se realizan pocos movimientos o conductas motrices, es más, existe una imitación no intencionada, sobre todo hacia los maestros que impregna la vida de los alumnos, por eso es tan importante que los modelos a imitar, los maestros, lleven a cabo conductas adecuadas en el ámbito escolar.

Aprendizaje por acción

Muchos investigadores consideran el aprendizaje como un proceso cognitivo que se adquiere a través de la experiencia y la práctica, que aunque es muy difícil analizar, el resultado final es que el sujeto adquiere unas habilidades motoras que hacen su conducta mucho más eficiente, rápida y precisa. En diferentes investigaciones, el aprendizaje también se mide en función del rendimiento, de habilidades motoras, de errores y aciertos, etc. Ello viene determinado por el desarrollo motor del niño, de su experiencia en determinadas conductas, de la repetición de las mismas, del perfeccionamiento, precisión y rapidez motoras en la ejecución de una determinada tarea. Todo esto nos lleva a pensar que el aprendizaje se mide mediante el análisis de respuestas motoras y que este tipo de aprendizaje se lleva a cabo a lo largo de toda la vida, de tal forma que cuando queremos saber si una persona ha aprendido algo lo que hacemos es ver si efectivamente lo puede realizar motriz-

mente y, por otro lado, cuando una persona quiere recordar algo, incluso cuando imagina una determinada tarea sin mover un solo músculo del cuerpo, se ponen en marcha las áreas promotoras frontales responsables de la organización, secuenciación y elaboración del comportamiento motor. El aprendizaje, pues, es perceptivo-motor.

Este tipo de aprendizaje permite una gran participación del cerebelo, estructura implicada en el procesamiento de la conducta motriz a través del núcleo dentado. El cerebelo no solamente se ha asociado con la conducta motora sino que tiene grandes relaciones con el pensamiento, la atención y la memoria, lo que hace de esta estructura un área cerebral básica en el aprendizaje escolar (9, 10).

Por otro lado en este tipo de aprendizaje perceptivomotor también se implican otras áreas cerebrales corticales de gran relevancia en el aprendizaje, en la memoria, en la atención, en la toma de decisiones y en la solución de problemas como son la corteza parietal asociativa, la corteza motora secundaria, la corteza promotora y la corteza de asociación prefrontal dorsolateral. Parece ser que la decisión de iniciar un movimiento podría estar asociada con la actividad de las neuronas prefrontales dorsolaterales, que empiezan a activarse antes de la respuesta y continúan disparando hasta después de haber terminado la conducta motora, aunque lo más probable es que la decisión venga de la interacción de la corteza prefrontal dorsolateral y la corteza parietal posterior (11, 12).

Este tipo de aprendizaje mejora, precisa y perfecciona de forma rápida la ejecución y el aprendizaje de cualquier tipo de conducta o comportamiento pero genera muchas más dificultades para cambiar de una conducta a otra, comete menos errores en la conducta aprendida pero limita la adquisición de nuevas conductas. Es el aprendizaje que se suele practicar en los colegios, sobre todo en el campo deportivo y en el de actividades manuales, de juegos, teatro y en general todo tipo de actividades lúdicas constituye un buen método de aprendizaje en las etapas preescolares

en la que el niño debe adquirir muchas y variadas conductas sociales.

Un buen método escolar de reforzar este tipo de aprendizaje, que también puede realizarse en casa, es escribir y recordar verbalmente los conocimientos adquiridos durante la clase al final de la misma, el resultado será una mayor robustez en la permanencia de la información en el cerebro; mediante este sistema se generan una redes neuronales que contribuyen a producir bucles estables motrices que, en el fondo, son la base del aprendizaje, puesto que necesitamos acudir a estos bucles cognitivomotrices para poder ejecutar la acción aprendida. Este proceso viene favorecido porque el cerebro mantiene un esquema de aprendizaje motor que viene determinado desde la infancia donde el propio aprendizaje es perceptivomotor, lo que favorece enormemente la formación de los recuerdos y conductas aprendidas en forma de conexiones y bucles cerebrales estables. Si los padres y maestros conociesen la importancia que tiene en el cerebro la organización motriz de los conocimientos estudiados y aprendidos y si, además, supiesen que las redes de formación de estos procesos vienen establecidas de forma natural desde el nacimiento, el cambio en su forma de enseñar y aprender sería radical. La escritura por otro lado enlentece el proceso de adquisición, estructuración y reforzamiento de los bucles y conexiones neuronales responsables del aprendizaje lo que hace que éste sea mucho más estable, duradero y robusto que si el aprendizaje lo dejamos solamente en la comprensión.

Aprendizaje implícito y explícito

El aprendizaje implícito conlleva una serie de procesos que escapan al análisis de determinados conocimientos y, sobre todo, porque se lleva a cabo de forma no voluntaria o inconsciente, no requiere un recuerdo voluntario o deliberado, tiene un carácter automático, su formación no depende de procesos cognitivos, se

acumula lentamente y de forma no voluntaria, se asocia a aprendizaje de habilidades perceptivo-motoras y de procedimientos y se organiza en áreas cerebrales más profundas de la corteza como pueden ser la corteza cingulada, los ganglios basales, el cerebelo y la amígdala aunque también se active la corteza promotora cortical. El aprendizaje implícito favorece enormemente el aprendizaje explícito en aquellos conocimientos relacionados con dicho aprendizaje, de tal forma que personas que han sido expuestas diariamente, de forma natural y sin previo aprendizaje, a determinados estímulos favorecen el aprendizaje de contenidos que conlleven dichos estímulos. Por ejemplo, existen personas con una mayor facilidad para el aprendizaje de lenguas porque de pequeños han sido expuestos a diferentes tonalidades de voz, sonidos o música.

El aprendizaje implícito también se lleva a cabo de forma muy eficiente en ambientes con muchas novedades, dado que el cerebro actúa de forma natural a la novedad antes de que puedan ponerse en marcha estructuras corticales superiores para analizar los eventos; esto hace que muchas veces parezcan familiares situaciones que en principio no tenemos conciencia de haberlas visto anteriormente.

No cabe la menor duda de que el hogar es un lugar apropiado para el aprendizaje implícito y se sabe que los padres activos que estimulan a sus hijos de muchas formas y con muchos contenidos en diferentes áreas del conocimiento obtienen mejores resultados escolares que los niños que viven en ambientes aburridos y faltos de estimulación.

Es un hecho evidente que la escuela está diseñada, principalmente, para el aprendizaje explícito donde procesos cognitivos como evaluación, comparación, inferencia, deducción son elementos básicos para este tipo de aprendizaje y donde el recuerdo o evocación de lo aprendido son las bases de la enseñanza actual. Desde el punto de vista social, la neurociencia debe orientar sus esfuerzos a ayudar a los maestros a diseñar métodos de enseñanza que favorezcan dicho aprendizaje tanto desde la perspectiva del

desarrollo del cerebro como desde la forma de adquisición por parte del cerebro de nueva información. El conocimiento por parte del profesor del funcionamiento del cerebro será básico para poder llevar a cabo buenas estrategias en el aprendizaje explícito, tanto para la forma y contenido como para el inicio de los contenidos a explicar.

El conocimiento del cerebro visual, motor o auditivo les ayudara a diseñar mejor los sistemas de enseñanza, por ejemplo se sabe que el cerebro visual aprende mejor cuando se asocia el contenido visual con el motor, por eso, ver la televisión, que es un proceso pasivo, no contribuye al desarrollo del conocimiento y por ende del cerebro de una forma eficiente. Es más, en un rciente estudio (13) llevado a cabo con niños de edades comprendidas entre uno a tres años que veían mucho la televisión se comprobó que a los 7 años un 10% tenía problemas de atención, lo que nos indica que ver mucho la televisión o sin una supervisión por parte de los padres en los primeros años de la vida del niño puede estar asociado con problemas de atención en edades escolares.

También se sabe que la variedad y la variación de los estímulos auditivos contribuyen a una mejor capacidad en el aprendizaje verbal, por eso la música es un buen complemento en el desarrollo del hemisferio derecho. En lo concerniente a la adquisición del lenguaje también se sabe que la organización de los esquemas básicos motrices de nuestro comportamiento motor en edades tempranas son beneficiosos para el aprendizaje, por eso se estimula a los niños con el gateo, el equilibrio o la secuenciación de conductas motrices.

Memoria

El estudio de la memoria forma parte de la tradición filosófica occidental desde Platón y Aristóteles. Pocos pensadores han dejado de lado un fenómeno tan íntimo y a la vez tan misterioso

como es el recuerdo y el olvido. A finales del siglo XIX esta curiosidad comenzó a verse apoyada por el rigor científico. Hermann Ebbinghaus (14) publica en 1885 el primer trabajo sistemático de laboratorio sobre la memoria, mostrando que el aprendizaje, el recuerdo y el olvido siguen ciertas leyes que pueden estudiarse con métodos científicos. Más tarde, en 1890, William James (15) publica su famoso libro *Principios de Psicología*, que contiene, entre otras cosas, una distinción entre memoria primaria y secundaria (memoria a corto y a largo plazo) y relaciona dichos procesos con la organización y funcionamiento de sistemas cerebrales. Estos autores, venidos en su mayoría del ámbito psicológico, abrieron sin duda nuevos campos de investigación, pero quizá el primer paso adelante desde la neurociencia lo dió Ramón y Cajal, a principios de siglo, presentando su teoría sobre la neurona. En su trabajo aparecen dos intuiciones brillantes que determinan toda una línea de estudio posterior: en primer lugar, que la memoria podría estar sustentada por cambios funcionales dentro de las sinapsis y, en segundo lugar, que la memoria podría concebirse como una cierta reminiscencia de la capacidad de crecimiento y asociación característica de las células nerviosas en las primeras etapas del desarrollo ontogenético.

La segunda contribución trascendental, deudora de la anterior, viene de manos de Hebb (16) que, en el año 1949, publica *La Organización de la Conducta*, introduciendo una serie de conceptos nuevos que aún hoy, con ciertas modificaciones, continúan vigentes. En esta misma línea los estudios de Kandel sobre la memoria a largo plazo proporcionan un auge importante en el estudio de las bases neurofisiológicas de la memoria.

Un tercera contribución importante viene de la mano de Lashley (17), que tras largos años en busca del engrama, concluye que la extirpación de grandes áreas del cerebro del animal no interfiere con la realización de memorias específicas. Por tanto, o bien la memoria no es localizable en el cerebro dentro de una zona específica o, por el contrario, las huellas mnésicas son estructurales,

pero tan difusas, que permiten que amplias lesiones no perjudiquen la ejecución de los animales.

Ante estas afirmaciones, Hebb plantea tres supuestos básicos:

1. las huellas de la memoria, la base del aprendizaje, de algún modo son estructurales y estáticas,
2. la persistencia o repetición de una actividad reverberante (concepto tomado de Lorente de No) tiende a introducir cambios celulares duraderos que aumentan su estabilidad y
3. esta repetición da lugar lentamente a la formación de una «agrupación» de células (la red neuronal) que puede actuar como un sistema cerrado tras la estimulación y formar la huella de la memoria.

Por último Scoville y Milner (18) descubren casualmente en 1957 que la extirpación bilateral del hipocampo produce una amnesia persistente en el paciente tras la operación. Este hallazgo, vital en el transcurso de la historia de la neuropsicología, demuestra que una estructura específica del cerebro influye de forma determinante en el proceso mnésico.

La contribución del hipocampo a la memoria, tras más de 50 años de investigación intensiva, continúa siendo un problema no resuelto. Los estudios con pacientes amnésicos a menudo reciben críticas por la poca seriedad de la investigación al mezclar sujetos con diversas patologías lo cual, más que clarificar la situación, aumenta la confusión por generar una gran cantidad de datos de difícil interpretación. Scoville informa por primera vez en 1957 de que la extirpación de la zona medial de los lóbulos temporales, que incluye a su vez las dos terceras partes del hipocampo, produce una amnesia severa en su paciente H. M. Tras 16 años de estudio intensivo para delinear las características cualitativas y cuantitativas del trastorno de memoria hipocámpico, los resultados fueron los siguientes: amnesia anterógrada muy severa y amnesia retrógrada ciertamente más leve, afectando principalmente a los acontecimientos cercanos a la operación. La memoria a cor-

to plazo (MCP) no está afectada, pero tras un corto intervalo de tiempo, en el que se evita el repaso de los materiales empleados, el recuerdo decae, mostrando una gran sensibilidad a la distracción.

Los acontecimientos vitales de la infancia quedan intactos, pero cuanto más se acercan a la fecha de la intervención peor es el recuerdo. En cuanto a la amnesia anterógrada, afecta dramáticamente al aprendizaje de nueva información de tipo conceptual. Sin embargo, H. M. mantiene la capacidad de aprender habilidades motoras. Curiosamente, mientras estoy escribiendo este capítulo tengo noticias que acaba de morir H. M.; desde estas páginas mi mayor reconocimiento por su contribución al conocimiento del hipocampo en la memoria.

El hipocampo tiene un papel esencial en la memoria de estímulos novedosos y en la formación de nuevos recuerdos asociados a la experiencia, así como en la memoria espacial, declarativa, semántica y episódica. El hipocampo está muy activado en procesos de memoria a corto plazo o en la consolidación de la memoria mientras que parece menos consistente en la memoria a largo plazo. En estudios con pacientes con lesiones del hipocampo se ha comprobado que tienen dificultades para formar nuevos recuerdos (memoria anterógrada) aunque también se han dado casos en los que también afecta el acceso a los recuerdos anteriores al daño (amnesia retrógrada), pero no afecta a otros aspectos de la memoria, como la memoria procedimental, que es la capacidad de aprender las nuevas habilidades (aprender a montar en bicicleta, por ejemplo).

Un aspecto importante del hipocampo es la memoria espacial, que nos permite recordar la ubicación de las cosas, situaciones o acontecimientos; desempeña un papel particularmente importante a la hora de encontrar atajos y nuevas rutas en lugares familiares. Esta función del hipocampo se ha puesto claramente de manifiesto en el estudio llevado a cabo con taxistas de Londres, que deben aprender de memoria una gran cantidad de lugares y conocer las rutas más directas que los conectan. Dicho estudio demos-

tró que el hipocampo es más grande en conductores del taxi que en el público en general además se encontró que cuanto más tiempo había pasado un taxista ejerciendo su oficio más grande era el volumen del hipocampo. Por el contrario, estudios hechos con volumetría del hipocampo y magnetoencefalografía demuestran que los pacientes con pérdida de memoria también manifiestan una disminución de la parte anterior del hipocampo así como una disminución de dipolos neuromagnéticos durante una tarea de memoria (véase figura 4.1).

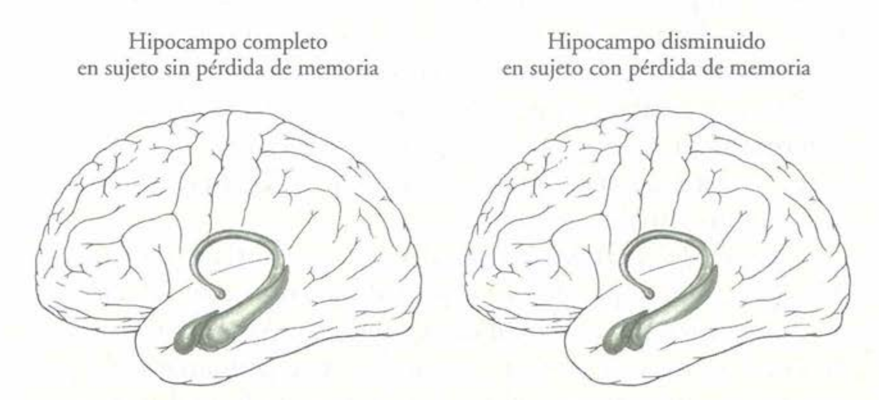


Figura 4.1. Representación de la volumetría del hipocampo en un sujeto con pérdida de memoria y uno sin ella. En la imagen de la derecha se puede ver una disminución de la porción anterior del hipocampo.

Recientes investigaciones aportan datos que permiten considerar amplias regiones del córtex en la formación de la memoria y que el sistema de comunicación entre ellas se lleva a cabo de forma paralela. Esta aseveración parece menos gratuita si consideramos la conocida participación de grandes extensiones del córtex en el análisis de diferentes clases de información sensorial, que el organismo puede recordar, aprender o asociar con respuestas.

Por lo que se refiere a las áreas asociativas, su acción tiene menos restricciones que las áreas primarias puesto que su plasticidad es mucho mayor y su participación en la retención y recuerdo de las memorias está más determinada por el análisis de los *inputs* sensoriales. Esta idea supone la existencia de un sistema amplio de memoria asociativa, al que contribuyen muchas áreas de la corteza por virtud de su especialización en las distintas modalidades sensoriales y motoras. Grandes zonas del sistema son activadas por un estímulo relevante y contribuyen a su percepción, almacenamiento y recuperación. En este ámbito, una memoria dada estaría tan ampliamente distribuida a lo largo del córtex como las células que forman la red para esa memoria. Sabemos que ciertas neuronas del córtex inferotemporal son capaces de diferenciar entre colores y cambiar su patrón de descarga durante el período de memorización a corto plazo; igualmente, algunas neuronas del córtex parietal asociativo responden ante la localización espacial de estímulos visuales aprendidos.

El papel del córtex prefrontal en la memoria a corto plazo (MCP) es más supramodal y, probablemente, esté relacionado con la organización temporal de la conducta. Así, el córtex inferotemporal apoya una tarea de memoria visual primariamente porque procesa información visual y el córtex prefrontal porque requiere una organización temporal del estímulo y la respuesta motora. Sin embargo, el papel del córtex prefrontal en cooperación con el córtex inferotemporal, en el caso de la memoria visual, no debe mostrar una diferencia esencial con el papel que ejerce asociado con otras áreas en diferentes tipos de memoria, como por ejemplo la espacial. Más aún, es posible que la actuación del córtex prefrontal sea necesario para la realización de la MCP de cualquier modalidad, de la misma manera que se requiere la integración temporal de la información sensorial con los actos motores.

La vieja idea del modelo jerárquico, según el cual el cerebro se estructura en forma de estadios jerárquicos, que parten de una representación sensorial primitiva en las áreas sensoriales primarias

y sigue en sucesivos pasos de elaboración intramodal que permiten una discriminación progresivamente más compleja de las características de un estímulo particular viene sustituida en la actualidad por una nueva consideración de la organización cerebral que recibe la denominación de modelo paralelo-distribuido. Este modelo surge, precisamente, de una investigación detallada de la parcelación de la corteza de asociación, en particular de la corteza de asociación parietal, y de su relación con el córtex prefrontal y otras múltiples áreas córtico y subcorticales.

En humanos, los estudios con tomografía por emisión de positrones (PET) durante la ejecución de tareas psicológicas, justifican la existencia de un modelo de procesamiento paralelo y distribuido dada la gran cantidad de áreas implicadas durante los procesos de memoria. Los datos sugieren que una red neuronal específica que incluye áreas prefrontales (principalmente dorsolaterales) en unión con estructuras posterocorticales y subcorticales desempeñan distintos papeles en los diferentes componentes de la memoria episódica (el prefrontal izquierdo más el área retroesplenial están más relacionadas con el proceso de adquisición de la información mientras que el prefrontal derecho más el precúneo estarían más asociadas con el proceso de recuperación).

Si prestamos atención al tipo de representación de otras áreas corticales (parietales, temporales, etc.) observaremos que su organización no es, en absoluto, tan inespecífica como clásicamente se creía. Incluso áreas particulares como la 46 se encuentran subdivididas para representar de forma topográfica los *inputs* provenientes de la corteza parietal; esta representación topográfica podría definirse como un «campo de memoria», desde donde el córtex prefrontal tiene acceso a la información sobre estímulos contenidos en otras zonas de la corteza.

Cuando se plantea a los primates tareas de retención memorística, la extirpación del área 46 no plantea ningún problema. Sin embargo, el disparo de las neuronas de esta zona predice la idoneidad de la respuesta del animal ante un problema de localización espacial del estímulo y su lesión impide la realización de la tarea.

Cabe concluir que el córtex prefrontal actúa como una memoria de trabajo en la que sus neuronas mantienen durante un corto espacio de tiempo los estímulos para luego integrarlos en el proceso cognitivo como ocurriría con un bloc de notas. Este tipo de memoria nos permite establecer un lazo de unión temporal y causal entre los acontecimientos, pues de lo contrario resultaría imposible actuar consecuentemente y de forma organizada ante las exigencias del medio.

Recientes estudios sugieren diferentes papeles para la corteza frontal, temporal y parietal para la MCP en función de los contenidos a memorizar. Así, durante la fase de entrada o almacenamiento el 27% de la estimulación frontal, el 62% de la temporal y el 64% de la parietal se asociaron con errores de recuerdo. Esto confiere un papel notablemente superior a la corteza parietotemporal con relación a la frontal en la entrada y almacenamiento en la memoria. Por el contrario, las zonas frontales se asociaron significativamente más con errores de recuerdo durante la estimulación en la fase de recuerdo o salida de la tarea que las áreas temporales o parietales.

Los estudios con magnetoencefalografía (MEG) demuestran que se utilizan diferentes redes neuronales en función del contenido y/o estrategias a aprender de tal forma que en función del tipo de estrategia (serial, fonológica o semántica) utilizada para aprender información verbal (lista de palabras) se organizaban distintas redes neuronales (véase figura 4.2.) (19). Estos resultados nos llevan a pensar en la importancia que tiene la enseñanza en la activación y generación de redes neuronales implicadas en el aprendizaje, de tal forma que si nosotros organizamos la información en base a procesos semánticos las diferencias funcionales serán muy distintas a si la misma contiene elementos de atención más selectivos en base a procesos fonológicos o seriales. Otros estudios han comprobado una mayor activación de áreas temporales izquierdas durante el aprendizaje de material verbal y una mayor activación de la áreas temporales derechas para el material no verbal (véase figura 4.3) (20).

El problema de la memoria es básico para cualquier tipo de aprendizaje, sin embargo, el sistema de entrenamiento de la memoria es crucial, sobre todo en etapas escolares, para el futuro de nuestra capacidad cognitiva. No es lo mismo cultivar nuestra memoria, memorizando sin más, esto es, «repetir por repetir» que integrar nuestra memoria en las actividades de la vida diaria, en la resolución de problemas, en la creatividad, etc. son dos formas diferentes de cultivar y modular nuestro cerebro.

Un aspecto importante de nuestra memoria es que la cultivamos a lo largo del tiempo y que pasa por diferentes formas de estructuración en las diferentes etapas de nuestra vida. En los primeros años la novedad hace que nuestra memoria venga determinada, principalmente por la actividad del hemisferio derecho, sin embargo en la edad joven es el hemisferio izquierdo el que más se activa. Por otro lado, en las primeras etapas de la vida es el córtex prefrontal el más activo, mientras que en la juventud lo son las áreas asociativas posteriores, para dejar para la vejez las áreas motoras y premotoras frontales, estriadas y cerebelosas que tengan una mayor relevancia en la memoria. En este sentido, diferentes estudios con neuroimagen han demostrado que en los jóvenes se activa más el córtex prefrontal derecho y ocupa una mayor extensión que en adultos mayores donde es el izquierdo el que mayor espacio ocupa. Si nuestro sistema de memoria a lo largo de la infancia y adolescencia ha sido potenciado mediante la repetición, la posibilidad de activación del hemisferio izquierdo es muy alta, mientras que si ha sido desarrollado en base a la novedad, la potenciación del hemisferio derecho a lo largo de la vida será mucho mayor, en este sentido se han hecho estudios en los que se ha comprobado que las personas más creativas y educadas en ambientes más novedosos activa mucho más las áreas prefrontales derechas frente a los sujetos menos creativos en los que predomina la actividad del córtex prefrontal izquierdo (21, 22).

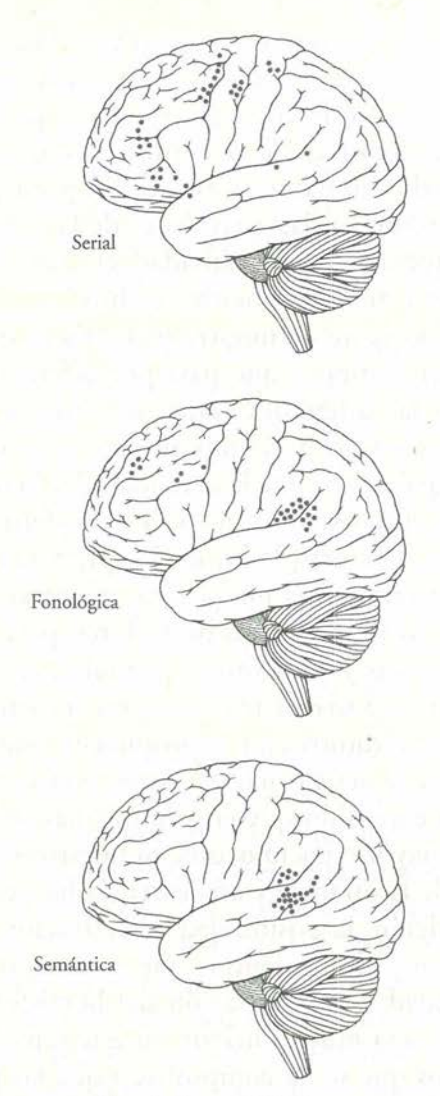


Figura 4.2. Representación de la actividad neuromagnética durante tareas de memoria de listas de palabras que exigen diferentes tipos de estrategias (serial, fonológica o semántica). Como podemos ver el cerebro organiza diferentes tipos de circuitos corticales en función de la estrategia cognitiva utilizada. Figura elaborada a partir de Maestú y colaboradores, 2003.

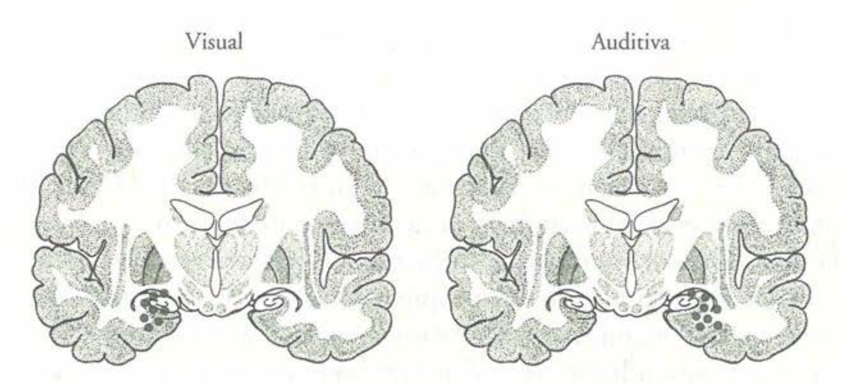


Figura 4.3. Representación de la actividad neuromagnética durante tareas de memoria. La imagen de la izquierda muestra una mayor actividad del hipocampo derecho durante la tarea de memoria de contenido visual, mientras que la imagen de la derecha muestra una gran actividad del hipocampo izquierdo durante la tarea de memoria de contenido auditivo. Figura elaborada a partir de Campo y cols., 2005.

Aplicaciones en el campo de la educación

En la práctica en casa se debería fomentar el aprendizaje por modelos implícitos, sobre todo consiguiendo un medio de gran motivación hacia las actividades escolares, de gran tranquilidad, con estimulación musical, poco estresante y cognitivamente estimulante en el que la novedad y el lenguaje sean elementos importantes y la televisión solamente tenga un efecto informador y de diversión. Para fomentar el aprendizaje en familia los niños tienen que oír muchas y nuevas palabras, frases y contenidos relacionados con las actividades de la vida diaria más que dedicar el tiempo al aprendizaje o memorización de contenidos escolares. No olvidemos que un ambiente lleno de estímulos en interacción con los padres beneficia la actividad general del cerebro y en particular la del córtex prefrontal. No hay que olvidar durante este tiempo la alimentación específica para la mejora cerebral y la hidratación

mediante pequeños vasos de agua distribuidos a lo largo de la tarde, nunca hay que ponerse a estudiar deshidratados o poco nutridos.

En el plano escolar tampoco se deberían olvidar también estas recomendaciones puesto que entornos enriquecidos con muchas novedades favorecen la atención y el aprendizaje; una forma de enriquecer el aula es cambiar su decoración de la misma una vez a la semana, a ser posible con ambientes alegres y divertidos y sobre todo con contenidos de los propios alumnos; esto, además de favorecer la atención, mejorará la motivación y actitud frente al estudio y el aprendizaje. También es muy importante para la efectividad del aprendizaje el control de la respuesta motora; no sirve que el niño tenga muchas experiencias si el padre o maestro no controla la respuesta a las mismas, es preferible menos experiencias con respuestas motoras correctas que muchas sin una sola respuesta. Un buen sistema para reforzar el aprendizaje sería utilizar la escritura y recuerdo verbal como medida de afianzamiento de lo expuesto en clase, esto conlleva que el profesor explique no solamente basándose en la palabra sino utilizando en la medida de lo posible objetos, lugares, circunstancias, emociones, movimiento, ejemplos de la vida real, etcétera.

No podemos olvidar que cualquier aprendizaje nuevo necesita horas de consolidación por lo que la repetición diaria del mismo conseguirá una consolidación muy buena, creo que se puede consolidar adecuadamente un contenido en su repetición diaria en unos 5 o 6 días. Los maestros deberían tener conciencia de este proceso para poder introducir contenidos nuevos a principio de semana e ir repitiéndolos a lo largo de la misma para que el fin de semana estén totalmente consolidados. La llamada de atención diaria a estos contenidos que se pueden hacer en pocos minutos será básica en el aprendizaje escolar progresivo porque para poder procesar y asimilar un contenido nuevo escolar el alumno necesita mucho tiempo (varias horas) pero una vez adquiridos los conocimientos el alumno necesita muy poco tiempo para poder recordarlos de nuevo (varios minutos), por este motivo el profesor debe conocer este sistema de procesamiento y adquisición de la

información cerebral para no olvidar cada día hacer un recordatorio a los contenidos enseñados. Otro método muy efectivo de consolidar los conocimientos aprendidos en clase es utilizar la visualización de los contenidos explicados en cada sesión al final de la misma.

Por último, un método de enseñanza que todo profesor debería utilizar en sus clases si quiere mejorar de forma sustancial el aprendizaje de sus alumnos es dejar unos minutos de reflexión sobre lo explicado; este método además de mejorar el aprendizaje inmediato en la etapa escolar será muy operativo para el futuro de su vida. No olvidemos que el mejor aprendizaje se lleva a cabo en situación de enlentecimiento cerebral más que de actividad cerebral rápida; por este motivo sosteníamos anteriormente que una buena forma de fomentar el recuerdo y consolidar la memoria es mediante la escritura y recuerdo verbal, que son procesos cerebrales lentos y de gran capacidad de afianzamiento de la información recibida.

Por lo que se refiere a los niños con dificultades de aprendizaje escolar la aplicación práctica para la mejora de dicho aprendizaje debería realizarse mediante baterías de ejercicios que combinen estímulos espaciales con estímulos del lenguaje de tipo visual y/o auditivo, entre otras razones para mejorar también su comprensión lingüística que en la mayoría de los casos está deteriorada. La finalidad es entrenar procesos cognitivos complejos en los que intervienen la atención, memoria a corto y largo plazo, mediante ejercicios muy estructurados basados en la novedad y en un número reducido de repeticiones que permitan asegurar el proceso memorístico sin llegar al automatismo de los procesos y sin la necesidad de reglas nemotécnicas para el recuerdo.

Referencias bibliográficas

1. COWARD, A. (1990): *Pattern thinking*, Nueva York, Praeger.
2. GOLD, J. M., BERGMAN, K. F., RANDOLPH, C., GOLDBERG, T. E., y WEINBERGER, D. (1996): «PET validation of a novel prefrontal task: Delayed response alternation». *Neuropsychology*,10, 3-10
3. MCINTOSH, A. R. y LOBAUGH, N. J. (2003): «When is a Word Not a Word?». *Science*, 301, 18 de julio, 322-323.
4. KOSSLYN, S., GANIS, G. y THOMPSON, W. L. (2001): «Neural foundations of imagery», *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 635-642.
5. YUE, G. y COLE K. J. (1992): «Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions». J. *Neurophysiol.*, 67 (5), 1114-1123.
6. RIZZOLATTI, G., FADIGA, L., GALLESE, V., FOGASSI, L. (1996): »Premotor cortex and the recognition of motor actions». *Cogn Brain Res.*, marzo, 3(2): 131-141.
7. FABBRI-DESTRO, M. y RIZZOLATTI, G. (2008): «Mirror neurons and mirror systems in monkeys and humans». *Physiology (Bethesda).* Junio, 23: 171-9.
8. RIZZOLATTI, G. y FABBRI-DESTRO, M. (2008): »The mirror system and its role in social cognition». *Curr Opin Neurobiol.* Abril, 18(2): 179-184.
9. STEINLIN, M. (2008): «Cerebellar Disorders in Childhood: Cognitive Problems». *Cerebellum*, 7(4), 607-610.
10. BAILLIEUX, H., DE SMET, H. J., PAQUIER, P .F., DE DEYN, P. P., MARIËN, P. (2008): «Cerebellar neurocognition: insights into the bottom of the brain». *Clin Neurol Neurosurg.* septiembre, 110(8): 763-773.
11. JEANNEROD, M. y FARNE, A. (2003) : «The visuomotor functions of posterior parietal areas», *Advances in neurology*, 93, 205-217.
12. RUSHWORD, M. F., JOHANSEN-BERG, H., GOBEL, S. M. y DEVLION, J. T. (2003): «The parietal and premotor cortices: motor attention and selection», *Neuroimage*, 20, 89-100.
13. CHRISTAKIS, D. A., ZIMMERMAN, F. J., DIGUISEPPE, D. L. y MCCARTY, C. A. (2004): «Early television exposure and subsequent attentional problems in children», *Pediatrics*, 113, 4, 708-713.
14. EBBINGHAUS, H. (1913): *Memory*, Nueva York, Teacher College, (original publicado en 1885).
15. JAMES, W. (1890): *The principles of psychology*, Nueva York, Henry Holt.

16. HEBB, D. O. (1949): *Organization of behavior*, Nueva York, Wiley.
17. LASHLEY, K. D. (1950): «In search of the engram». *Symposia of the Society for Experimental Biology*, 4, 454-482.
18. SCOVILLE, W. B. y MILNER, B. (1957): «Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions», *J. Neurol, Neurosurg. Psychiat*, 20, 11-21.
19. MAESTÚ, F., SIMOS, P .G., CAMPO, P., FERNÁNDEZ, A., AMO, C., PAUL, N., GONZÁLEZ-MARQUES, J., ORTIZ, T. (2003): «Modulation of brain magnetic activity by different processing strategies». *Neuroimage*, 20: 1110-1121.
20. CAMPO, P., MAESTÚ, F., ORTIZ, T., CAPILLA, A., SANTIUSTE, M., FERNÁNDEZ, A., AMO, C. (2005): «Time-modulated prefrontal and parietal activity during maintenance of integrated information as revealed by magnetoencephalography», *Cerebral Cortex*, 15(2): 123-130.
21. CABEZA, R., ANDERSON, N. D., LOCANTORE, J. K. y MCINTOSH, A. R. (2002): «Aging gracefully: compensatory brain activity in high-performing older adults», *Neuroimage*, 17, 3, 1394-1402.
22. CARLSON, I., WENDT, P. E., RISBERG, J. (2000): «On the neurobiology of creativity: Differencies in frontal activity between high and low creative subjects», *Neuropsychologia*, 38, 6, 873-875.

CAPÍTULO 5

PERCEPCIÓN

Percepción

Entendemos por percepción aquel proceso mediante el cual el cerebro es capaz de analizar, integrar, reconocer y dar significado a estímulos sensoriales. El proceso perceptivo es muy complejo, dado que aglutina a procesos de selección, análisis y síntesis de diferentes características en función de la tarea a realizar. Es un proceso en constante cambio puesto que a medida que vamos conociendo objetos, voces, palabras, estímulos táctiles el proceso de reorganización cerebral va cambiando e integrando de forma diferente dichos estímulos. El proceso perceptivo no consiste en una mera recepción de estímulos, sino que exige una activación importante de funciones complejas en las que la atención y la memoria de trabajo y a corto plazo son básicas para entender dicho proceso como algo unitario, con sentido y sobre todo con un significado claro y preciso. En este sentido, la percepción es importante dentro del contexto escolar porque permite desarrollar diferentes áreas ce-

rebrales conexionadas e integradas para conseguir un significado a lo expuesto en clase, sea de contenido visual, auditivo o táctil.

Aunque conocemos muy bien los sistemas de procesamiento de la información sensorial todavía no sabemos muy bien cómo el cerebro organiza, integra y define dichos componentes aislados en una imagen unificada y con sentido, cómo construye una percepción consciente. Pero sí que sabemos que a medida que vamos adquiriendo conocimientos asociando estímulos sensoriales tenemos cada vez mayor capacidad de integración unitaria de imágenes y contenidos más complejos por lo que la estimulación sensorial de diferentes estímulos auditivos, visuales o táctiles va a contribuir a mejorar la capacidad de formación de procesos unitarios con sentido y percepciones conscientes.

Percepción visual

La corteza visual se sitúa principalmente en el lóbulo occipital y tiene como función la recepción e interpretación de los estímulos visuales y comunicación con otras áreas corticales con el fin de contribuir a la determinación de cualquier proceso visual complejo. Gracias a este lóbulo podemos discriminar las diferentes formas, contornos, colores, etc. de los objetos, personas y cosas, así como de las diferentes clases que presentan de los símbolos lingüísticos. Su conexión con otras áreas corticales de asociación le permiten una función importante en el aprendizaje perceptivo y sobre todo en el lectoescritor.

El lóbulo occipital se sitúa en la región posterior del hemisferio cerebral. En su cara medial se encuentra el surco parietooccipital que lo separa de otros lóbulos mientras que en su cara lateral o convexa no existen señales anatómicas claras que lo separen del resto de la superficie cerebral, por lo que se une al parietal por arriba y al temporal por abajo.

El área visual primaria se sitúa en la cara interna del lóbulo occipital, por encima y por debajo de la cisura calcarina, cisura que

comienza en el polo occipital y termina confluyendo con el surco parietooccipital, finaliza por lo tanto en la parte posterior del lóbulo límbico. Esta área (área estriada) corresponde al área 17 de Brodmann, su misión más importante es la recepción de los estímulos visuales procedentes del cuerpo geniculado lateral del tálamo al que le llega la información directamente de la retina.

La función más importante del área primaria consiste en la detección de la orientación y posición específica de líneas mediante las células simples y complejas, así como en la detección de la longitud de líneas mediante las células hipercomplejas. La percepción del color es bastante compleja, por lo que se cree que no sólo participa la corteza visual primaria. Resumiendo, pues, el área visual primaria es el área de la discriminación de sensaciones visuales. Esta función se lleva a cabo mediante un proceso neuronal que podría estar determinado por la proyección de las células ganglionares de la retina hacia una célula simple específica de la capa y de la corteza mientras que las células complejas e hipercomplejas serían estimuladas por neuronas implicadas en estructuras subcorticales.

Las áreas visuales secundarias y terciarias están implicadas en funciones complejas, por lo que tienen una relación directa con otras áreas secundarias y terciarias de los demás lóbulos. La ubicación del área visual secundaria podría situarse rodeando el área visual primaria, correspondiéndole principalmente el área 18 de Brodmann, que es el área paraestriada y que se encarga en especial de la elaboración y síntesis de la información visual así como de las conexiones con fibras interhemisfericas o comisurales y el área 19 de Brodmann, que es el área periestriada, que rodea al área paraestriada y limita con los lóbulos parietal y temporal y cuya misión más importante es la integración de la información visual con otras áreas corticales.

La vía de entrada de la información visual se lleva a cabo mediante diferentes neuronas cuyo origen lo tenemos en el campo visual de la retina que va a dirigir los estímulos hacia uno u otro hemisferio en función de donde sea estimulada a través de la vía

retino-genículo-estriada. El paso siguiente se llevará a cabo mediante el fascículo óptico hasta llegar al quisma óptico donde los estimulos se cruzan para dirigirse a la corteza occipital contralateral al estímulo recibido en la retina. Antes de llegar a la corteza pasan por los cuerpos geniculados laterales talámicos, donde los estímulos visuales se procesan, se analizan y se envían a la corteza ipsilateral visual, concretamente al área estriada 17 de Brodman.

El último paso en la percepción visual se lleva a cabo en la corteza visual, tanto a nivel de las áreas primarias (área 17) y de las secundarias y terciarias (áreas 18 y 19) como de las diferentes conexiones corticales del lóbulo occipital con otros lóbulos como con el parietal y frontal a través de la vía dorsal para conectar con los campos oculares de atención (parietal) y motor (frontal) que contribuirán a determinar el proceso perceptivo visual y mediante la vía visual ventral que conectará con el lóbulo temporal para la identificación del proceso perceptivo audio-verbal (véase figura 5.1).

A finales del siglo XIX Lissauer (1), a partir del análisis del caso de un paciente que podía ver pero que no podía reconocer los objetos que veía, propuso que el reconocimiento visual debía estar separado en dos estadios diferentes de procesamiento, perceptivo y asociativo. El estadio perceptivo estaría preservado si el paciente era capaz de copiar el objeto que estaba observando, es decir podía percibir todas sus características de forma, color, etc. El segundo estadio, denominado asociativo, es el que capacitaría al sujeto para otorgar un significado concreto a esa percepción, la habilidad para interpretar qué es lo que se está viendo. Esta división dio origen posteriormente a lo que se denominó «agnosia perceptiva» y «agnosia asociativa». Geschwind (2) planteó que el sistema visual y las áreas responsables del lenguaje estaban conectadas entre sí y que por tanto una desconexión entre ellas podría dar lugar a una agnosia visual. Este planteamiento, aunque fue muy sugerente, quizá sea demásiado simplista y no ahonde, de una manera mucho más detallada, en las bases del procesamiento visual y por supuesto no justifique las distintas posibilidades que se muestran en este complicado sistema.

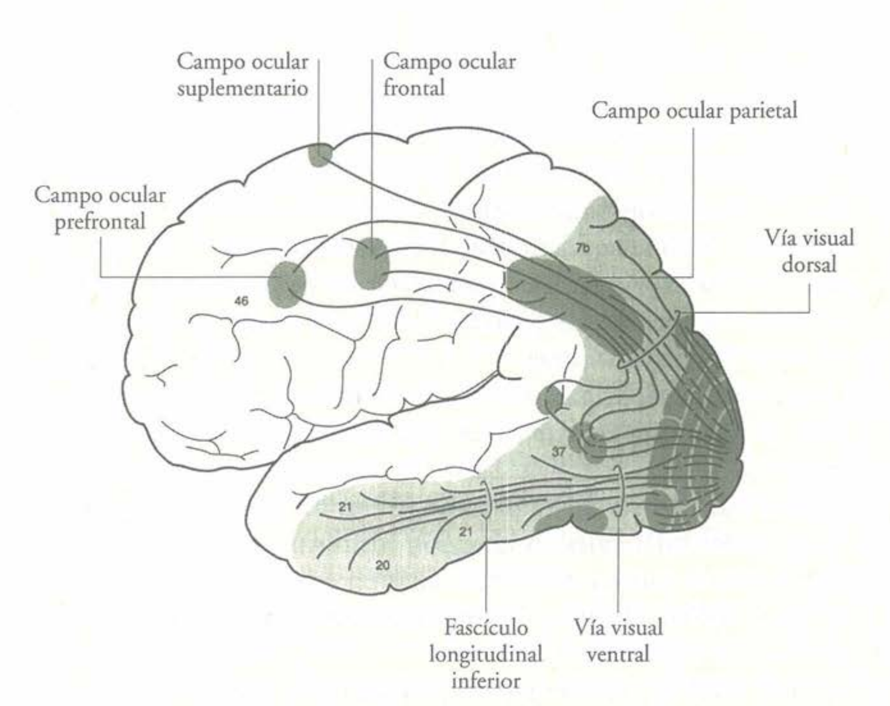


Figura 5.1. Conexiones córtico-corticales más importantes del lóbulo occipital implicadas en la percepción visual.

El procesamiento visual sensorial se relaciona con la capacidad de agudeza visual, es decir, la capacidad para determinar la ausencia o la presencia de luz, los cambios en el contraste (frecuencia espacial y sensibilidad al contraste), si se presentan uno o más estímulos en el campo visual (discriminación de dos puntos), y la capacidad de detectar un objeto que varía en tamaño (resolución del objeto). El daño en cualquiera de estas capacidades dificultaría el reconocimiento del objeto. Lesiones unilaterales en el lóbulo occipital darían origen a dificultades en el procesamiento de la información visual sensorial, en el campo visual contralateral al lugar de la lesión. La pérdida de la agudeza visual puede ser severa después de lesiones bilaterales del córtex visual, pero frecuentemente también son producidas por lesiones en el trayecto del ojo al cerebro.

La discriminación de formas es otra de las capacidades fundamentales para una adecuada percepción. El sistema visual es capaz de realizar finas discriminaciones entre formas similares. Esta habilidad para discriminar formas puede estar selectivamente alterada en personas con daño cerebral, quedando preservadas otras capacidades como la agudeza visual. En estos sujetos en los que está preservada la capacidad de agudeza visual pero alterada la discriminación de formas, las lesiones cerebrales posteriores bilaterales suelen ser las más comunes.

Una tercera capacidad que influiría en la percepción visual es el color: al igual que las anteriores esta capacidad parece que puede alterarse de forma selectiva. Lesiones bilaterales en los lóbulos occipitales parecen ser las más comunes en un déficit acromatópsico, los daños bilaterales en la región fusiforme y en el giro lingual de este lóbulo son las más implicadas en este síndrome. El procesamiento del color parece ser otro ejemplo de una capacidad sensorial visual retinotópica.

En el nivel de representación perceptual es necesario acceder al almacén de información que posee el sujeto del objeto, información que ya había sido adquirida previamente. El observador puede acceder a la percepción de un objeto con tal de que su tamaño, volumen y ángulo desde donde es visto sea obvio (análisis visual sensorial), por tanto al modificar esas características podría surgir un déficit específico de este nivel de procesamiento. Para que se produzca un fallo a este nivel los observadores deben de ser capaces de reconocer el objeto desde una posición normal, pero deben fallar cuando se modifique la perspectiva o el ángulo desde el que se ve el mismo objeto. A los daños en este nivel de procesamiento se les ha denominado «agnosia perceptiva». Del estudio de pacientes con lesiones parietales derechas parece deducirse que el hemisferio derecho del cerebro es el más afectado en este nivel de procesamiento, lo que ha llevado a interpretar que las áreas inferiores del lóbulo parietal derecho parecen ser las involucradas en la realización de esta tarea (3).

El último nivel de procesamiento es el de procesamiento semántico que está relacionado con la capacidad de otorgar un sig-

nificado y un sentido concreto al objeto percibido. El déficit en este nivel iría más lejos que la dificultad para encontrar el nombre de un objeto, lo que han perdido las personas que tienen dificultades en este nivel es la capacidad de asignar un significado al objeto manteniéndose preservados los anteriores niveles de procesamiento, ello se evidencia por la capacidad del sujeto de copiar perfectamente el objeto pero ser incapaz de saber qué es ese objeto. A este déficit se le ha asignado el nombre de «agnosia asociativa», de esta forma estos pacientes perciben los objetos como una persona normal, que percibe un nuevo objeto. En este nivel de procesamiento nos podemos encontrar con lo que se ha denominado «agnosia al color», que se implica una pérdida del conocimiento del color en pacientes con una adecuada discriminación del color y un lenguaje preservado. Lesiones en áreas temporo-occipitales izquierdas son críticas en este nivel.

Una vez descritos estos niveles podría parecer que la información fluiría de forma serial desde un nivel al siguiente, pero parece que esto no es así. La desconexión en el cuerpo calloso a la altura del esplenium no causa agnosia visual como cabría esperar del modelo serial; de esta forma cabría, pues, la posibilidad de una vía de procesamiento que conectara directamente el primer y tercer nivel directamente sin tener que acceder al segundo nivel, aunque este dato aún está por confirmar.

Marr (4) propuso que el procesamiento visual se realizaría a tres niveles. Un primer nivel, que se refiere a un esbozo fundamental del objeto en cuanto al brillo, profundidad, etc. Un segundo nivel, que se basaría en una representación centrada en el observador, es decir una perspectiva del objeto centrada en la posición del observador. Un tercer nivel estaría centrado en el objeto que especifica la estructura del objeto de una forma relativamente estándar y busca la estructura del objeto a través de un almacén en donde se encuentran las estructuras de los objetos conocidos. De esta forma, el reconocimiento se efectúa comparando las representaciones centradas en el observador y las representaciones centradas en el objeto, con las descripciones almacenadas de los

objetos conocidos. La alteración de la percepción de la forma y una capacidad para copiar objetos implicarían una alteración en la capacidad para construir representaciones centradas en el observador. Las tareas que implican una modificación del objeto como es la tarea de perspectivas insólitas requieren una alteración en las representaciones centradas en el objeto.

Los estudios de Zeki (5) intentan demostrar la validación del modelo anteriormente expuesto. Este autor propone que existen cuatro vías diferentes del procesamiento de la información visual que viajan de forma separada a lo largo de toda la vía visual y que se localizan en áreas diferenciadas del córtex. Existiría una vía especializada en el movimiento, desde la retina y a través de las capas magnocelulares del núcleo geniculado lateral (NGL) llegarían a la capa 4B de V1 (primates), corteza estriada (humanos), desde ahí las señales viajarán hasta V5 (córtex periestriado), bien directamente, bien a través de V2 (córtex estriado). Una segunda vía sería la que procesa la información relacionada con el color. Desde las capas parvocelulares del NGL llegaría la información hasta V1 y después viaja hasta V4 bien directamente bien a través de V2. Existen dos formas diferentes de procesar la información relacionada con la forma. La primera está ligada al color y también se encuentra en V4. La segunda es independiente del color y se sitúa en V3 y se ocupa de la forma dinámica, llega desde las capas magnocelulares del NGL a través de la capa 4B de V1 y después llega la información hasta V1 directamente o a través de V2. Las lesiones en V4 provocan «acromatopsia». Las lesiones en V5 producen «acinetopsia», los pacientes ni ven ni comprenden el mundo en movimiento, los objetos pueden ser vistos en reposo pero no en movimiento. No se puede realizar una relación exacta de estas áreas en el cerebro humano pero sí podemos pensar que V1 y V2 se relacionan con las áreas primarias y secundarias visuales, que V5 se encontraría en áreas del parietal, que V4 y V3 se situarán en áreas del lóbulo temporal.

Un aspecto importante en la percepción visual es el reconocimiento de caras. Estudios llevados a cabo con PET demuestran la existencia de dos sistemas diferentes para el reconocimiento

de caras, un sistema neural identificado en áreas occipito-temporales y otro ventro-lateral occipital. En el reconocimiento espacial son las áreas parietales superiores unidas a las occipitales las más implicadas, esto justificaría la existencia de dos sistemas distintos en el procesamiento visual humano, uno para la discriminación de objetos y otro para la determinación espacial de los mismos (6).

Por lo que se refiere a la representación o la imagen visual se han planteado diversas hipótesis que se podrían resumir en tres: bien se dan las mismas áreas de procesamiento para ambas funciones visuales, bien son distintas áreas las que participan en cada función o bien existe una dependencia parcial de unas sobre otras; en resumen, parecer ser que existe una macrorred neuronal de áreas corticales localizadas a nivel occipito-parietal y temporo-occipital asociadas a procesos visuales complejos incluidos procesos de recuperación de memoria visual.

Percepción auditiva

La corteza auditiva está representada fundamentalmente en el lóbulo temporal. El neocórtex de la corteza temporal tiene un papel importante en funciones superiores y complejas relacionadas con la visión y audición mientras que el alocórtex está relacionado con la conducta afectiva, emotiva y social. Este hecho hace que el área auditiva primaria que tiene relaciones tanto con el tálamo como con el sistema límbico pueda participar en el aprendizaje mediante refuerzos motivacionales, en el lenguaje y en la memoria en sus relaciones con estructuras tales como el córtex prefrontal, el hipocampo, amígdala, etc., por citar algunas de las más importantes funciones de este lóbulo. El lóbulo temporal no tiene una función unitaria sino que participa en funciones tan dispares como las relacionadas con las sensaciones y percepciones auditivas y visuales, en el almacenamiento de la información y en el tono afectivo y emotivo de la conducta humana.

El lóbulo temporal se sitúa por debajo de la cisura de Silvio y linda en su parte posterior con el lóbulo occipital. Como característica diferencial cabe decir que en su parte más superior se sitúa en la vertiente caudal de la cisura de Silvio donde se encuentran las circunvoluciones transversas de Heschl y que coincide con las áreas 41 y 42 de Brodmann. Por otro lado, las tres circunvoluciones del lóbulo temporal también coincidirán con diferentes áreas corticales de Brodmann, así tenemos que la circunvolución temporal superior coincide con el área 22, la inferior con el área 20 y posteriormente con la 37 y la media con el área 20 en el medio, con la 38 anteriormente y con la 37 posteriormente.

La superficie medial del lóbulo temporal también va a tener suma importancia en funciones cognitivas dado que está compuesta por la circunvolución temporal inferior, la circunvolución fusiforme y la circunvolución parahipocámpica, compuesta a su vez, por el uncus, hipocampo y corteza amigdalina (corresponde a la corteza que rodea la amígdala).

La vía auditiva comienza en el órgano de Corti, que es el área receptora de los estímulos visuales, desde donde enviará los estímulos vía nervio auditivo a los núcleos cocleares del tronco del encéfalo, de ahí pasará a las olivas protuberanciales contralaterales y mediante el lemnisco lateral llegará a los tubérculos cuadrigeminos y de ahí a los núcleos geniculados mediales del tálamo para terminar en la corteza temporal auditiva primaria.

El lóbulo temporal, en su conexión con el resto de lóbulos, principalmente el lóbulo parietal y sobre todo el frontal (véase figura 5.2), está implicado en las funciones más complejos del ser humano, tales como capacidad para localizar sonidos, alucinaciones auditivas, verbales, olfativas o gustativas, dificultad para discriminar sonidos que se presentan simultáneamente, sonidos fonémicos, secuencias tonales, rítmicas, discriminación perceptiva visual de estímulos lingüísticos, objetos, caras, recordar y organizar cosas por categorías (casas, animales, frutas, etc.), memoria a largo plazo, tanto verbal como no verbal, dificultades en la comprensión del lenguaje, personalidad, afectividad, sexualidad, emo-

tividad o religiosidad (son personas que se vuelven pedantes, egocéntricas, perseverantes, paranoicas, con excesiva preocupación religiosa, excesivo parloteo, excesiva agresividad, exageración de los aspectos triviales y pequeños de la vida diaria).

Al margen de los procesos verbales ya estudiados, el resto de procesos perceptivos auditivos no verbales, tienen una gran importancia en el contexto escolar sobre todo la música. Sergent (7) llevó a cabo una revisión sobre la organización funcional de las estructuras subyacentes a los procesos musicales tanto receptivos como expresivos en el que demuestra la importancia de este tipo de proceso perceptivo y el estado de las investigaciones relativas al mismo. En cuanto a la escuela, conviene tener en cuenta dos aspectos de la música. El primero es el ejercicio musical mediante el aprendizaje de algún instrumento, esto requiere habilidades mo-

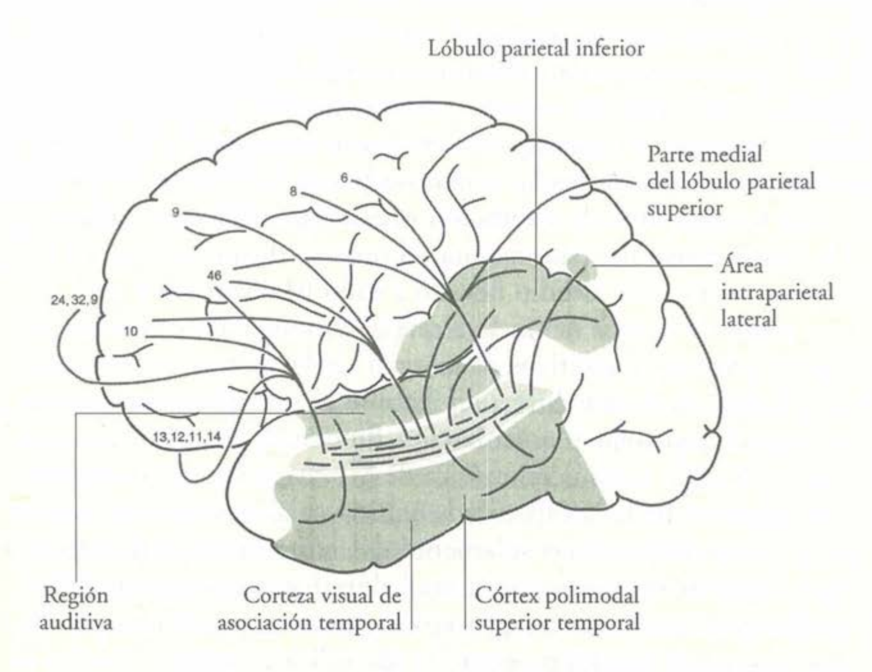


Figura 5.2. Conexiones córtico-corticales más importantes del lóbulo temporal implicadas en la percepción auditiva.

trices, oculo y audiomotrices, que repercuten en la mejora del aprendizaje en general y que además tienen beneficios en la organización de ambos hemisferios y la coordinación de muchas áreas corticales. En un estudio llevado a cabo con músicos profesionales se comprobó una mayor cantidad de fibras en el cuerpo calloso frente a los no músicos (8). El segundo aspecto es la audición de música, que también tiene efectos en el cerebro y ayuda a la mejora del aprendizaje escolar. En este sentido, diferentes estudios han comprobado un aumento sustancial del área auditiva, área importante en los procesos de aprendizaje verbal, por otro lado también se ha comprobado que los niños que estudian música tienen mayor capacidad para el procesamiento verbal y para diferenciar lo congruente de lo incongruente. Todos estos estudios vienen a confirmar la importancia de la música en el contexto escolar, no solamente de la música escuchada sino —y principalmente— de la cantada o ejecutada con algún instrumento musical.

A la vista de estos datos la introducción de la música en el contexto escolar tiene una enorme incidencia en la mejora del rendimiento académico y sobre todo en el aprendizaje escolar. Sin embargo, éste no es un hecho novedoso puesto que tanto los padres como los maestros de educación preescolar utilizan la música y los ritmos musicales para mejorar el proceso de aprendizaje de hijos y alumnos. Un estudio llevado a cabo por Moreno y cols. (9) con niños de 8 años demuestra que el entrenamiento musical favorece procesos cognitivos al margen de la música relacionados con la lectura y con diferentes habilidades lingüísticas; además mejora el desarrollo y organización funcional neuronal. En otro estudio llevado a cabo con música de Mozart se encontró una mejora importante de la capacidad cognitiva y al mismo tiempo que una gran activación no solamente del córtex temporal derecho sino también del córtex prefrontal dorsal y del córtex occipital, ambos implicados en los procesos cognitivos espaciotemporales tan importantes en los procesos de aprendizaje escolar (10).

Por otro lado, el aprendizaje de instrumentos musicales requiere muchas habilidades complejas que integran los sistemas sensoria-

les con la motricidad fina y que constituyen un buen modelo neurocientífico para estudiar la plasticidad cerebral en la etapa escolar y como un buen método para la mejora del aprendizaje escolar. Con veinte minutos diarios de entrenamiento musical se consigue una buena integración sensorio-auditiva acompañada de una gran modulación de la conectividad neuronal (11). Otros autores justifican la importancia de la música en la neurogénesis y regeneración neuronal a través de la modificación de los niveles de secreción de hormonas esteriodes (cortisol, testosterona y estrógenos) (12).

Es importante también destacar la asociación que podemos obtener mediante la música y la danza en la mejora de los procesos cognitivos sobre todo por su implicación en la activación del cerebelo, estructura cerebral determinante en el aprendizaje escolar. En este sentido, se ha demostrado la activación de una gran red neuronal cortico-subcortical que implicaba por un lado que los movimientos rítmicos activan estructuras estriadas subcorticales (núcleo putamen derecho) en el control voluntario de la movilidad, y por otro que los movimientos espaciales de la danza activan el lóbulo parietal medial superior, además de áreas corticales, cerebelo y regiones subcorticales (13, 14).

Percepción táctil

La corteza táctil y de comunicacion multimodal viene representada principalmente por el lóbulo parietal y tiene como función la recepción e interpretación de los estímulos táctiles, así como la relación con otras áreas secundarias y terciarias occipito-temporoparietales, necesarias en cualquier tipo de función simbólica táctil.

El lóbulo parietal se encuentra situado entre el córtex prefrontal por la parte anterior, el occipital por la posterior y el temporal en la inferior. La delimitación con el córtex prefrontal viene dada por el surco central o de Rolando mientras que la delimitación con los lóbulos occipitales es el surco parietooccipital en su cara medial, en

cambio con los lóbulos temporales es la cisura de Silvio. Existen dos surcos que delimitan y diferencian las circunvoluciones del lóbulo parietal: el surco postcentral que delimita la circunvolucion parietal postcentral o parietal ascendente y que sostiene el área táctil primaria y el surco intraparietal perpendicular al surco poscentral y que divide al lóbulo parietal en dos circunvoluciones, la circunvolucion superior o lóbulo parietal superior, que coincide con las áreas 5 y 7 de Brodmann y la circunvolución parietal inferior o lóbulo parietal inferior, que coincide con las áreas 40 y 43 de Brodmann. El córtex del lóbulo parietal inferior junto al extremo del surco lateral forma la circunvolución supramarginal, que coincide con el área 40 de Brodmann mientras que alrededor del surco temporal superior se forma la circunvolución angular, que coincide con el área 39 de Brodmann. En la cara medial, el lóbulo parietal queda separado del frontal por la prolongación caudal del surco de Rolando, el límite posterior está formado por el surco parieto-occipital, entre la circunvolucion poscentral y este último surco se encuentra el precuneo.

No obstante lo dicho, el lóbulo parietal no puede considerarse como una entidad anatómica autónoma, sus límites no pueden trazarse con precisión exacta, representa más bien una conveniencia topográfica señalada empíricamente sobre la superficie del cerebro.

El área somatosensitiva primaria tiene como función la localización específica de las sensaciones en diferentes partes del cuerpo, la capacidad de discriminar los grados críticos de presión, textura y los pesos de los objetos. Sin embargo, dado que en nuestro caso la discriminación va acompañada de un proceso cognitivo superior como es el lingüístico, el paso siguiente en dicho proceso se llevará a cabo en las áreas secundarias y terciarias parietales. No obstante lo dicho, la lesión en esta área es capaz de producir astereognosia a objetos, números y letras.

Una vez discriminado el estímulo táctil por las áreas parietales primarias, se llevará a cabo un proceso posterior más complejo en el procesamiento de la información táctil mediante las áreas se-

cundarias y terciarias, (áreas 5, 7, 39, 40) en donde tendrá lugar un proceso de descifrado del significado de la estimulación táctil, visual o auditiva.

El córtex parietal secundario y terciario tiene múltiples relaciones con otros lóbulos, por lo que representa una zona de integracion multimodal importante interviniendo en múltiples funciones neuropsicológicas, de hecho el lóbulo parietal está asociado con procesos estereognósicos (conocimiento de objetos mediante el tacto), grafognósicos (conocimiento de números y letras mediante el tacto), gnosis de objetos, funciones visoespaciales, auditivas y visuales e interiorizacion del esquema corporal (somatognosia). También va a ser capaz de realizar la síntesis simultánea de los esquemas espaciales, práxicos y motrices de los músculos bucolinguales que van a intervenir en los esquemas articulatorias de lenguaje. Es el lóbulo de las praxias ideomotoras (gesto simple), paraxias ideatorias (sucesión de gestos simples en relación con un objeto externo) y praxias constructivas (mantenimiento del esquema corporal y espacial en la creación de una unidad a partir de elementos simples).

La vía de entrada de la información táctil al cerebro comienza en los diferentes receptores táctiles de la piel (Meissner, Merkiel, Pacini, Ruffini) que a través del sistema lemnisco medial llegan a los núcleos posterolaterales del tálamo y de ahí llegarán a la corteza cerebral a las áreas 1 y 2 para procesamiento de la información sensorial, 3B para reconocimiento táctil 5 y 7 para los procesos perceptivos táctiles cognitivos complejos. En la piel existen varios mecanorreceptores: los corpúsculos de Meissner, las células de Merkel, los corpúsculos de Pacini y las terminaciones de Ruffini aunque estos últimos no parecen jugar un papel importante en el sentido del tacto. Así, las células de Merkel tienen una adaptación lenta y responden muy bien a estímulos de baja frecuencia. Son sensibles a deformaciones locales y pueden considerarse sensores de presión estática. Los corpúsculos de Meissner y Pacini, sin embargo, se adaptan rápidamente y responden bien a estímulos de alta frecuencia como pequeñas vibraciones producidas por peque-

ñas elevaciones o depresiones (unas milésimas de milímetro) en una superficie como las que se producen cuando se resbala algo que agarramos o en texturas finas.

El paso posterior para la percepción y de los procesos cognitivos asociados a la estimulación táctil de los objetos o de las cosas en general vendrá dado por la amplia gama de relaciones que tiene el lóbulo parietal con los lóbulos frontal, temporal y occipital (véase figura 5.3).

La percepción táctil es otro de los medios mediante el cual el cerebro analiza e integra estímulos táctiles sobre objetos, hechos, sensaciones, situaciones, etc., dando lugar a un reconocimiento de los mismos e incluso del entorno en el que se desarrollan. El cerebro no solamente percibe las sensaciones táctiles sino que les da un significado e integración en el contexto en el que se desarrollan, por lo que este proceso de percepción tiene un carácter complejo y desarrolla e integra amplias áreas cerebrales.

Diferentes estudios llevados a cabo con estimulación táctil demuestran que el cerebro es capaz de generar percepción espacial mediante el tacto, de determinar el alto grado de eficacia del tacto para determinar la posición y morfología de los objetos; asimismo, el cerebro ofrece una gran capacidad de memoria especializada que ofrece el cerebro sobre percepciones generadas por la vía somatosensorial (15, 16). En esta línea de trabajos se ha identificado áreas cerebrales responsables de la densidad de receptores y aplicaciones de estimulación táctil de la discriminación, elaboración, integración de la información táctil o de la información multimodal en sujetos invidentes (incluida la visual) del córtex parietal (17, 18, 19, 20, 21).

La sensibilidad táctil a diferencia de la sensibilidad auditiva o visual no tienen las misma intensidad en todo el cuerpo, de hecho tienen mucha mayor sensibilidad la cara y los dedos que las piernas o a espalda por poner algún ejemplo. La información somatosensorial a su vez llega a la corteza cerebral a través de dos vías principalmente, la vía lemnisco medial-dorsal, que lleva la información sobre el tacto y la propiocepción y la vía lemnisco antero-

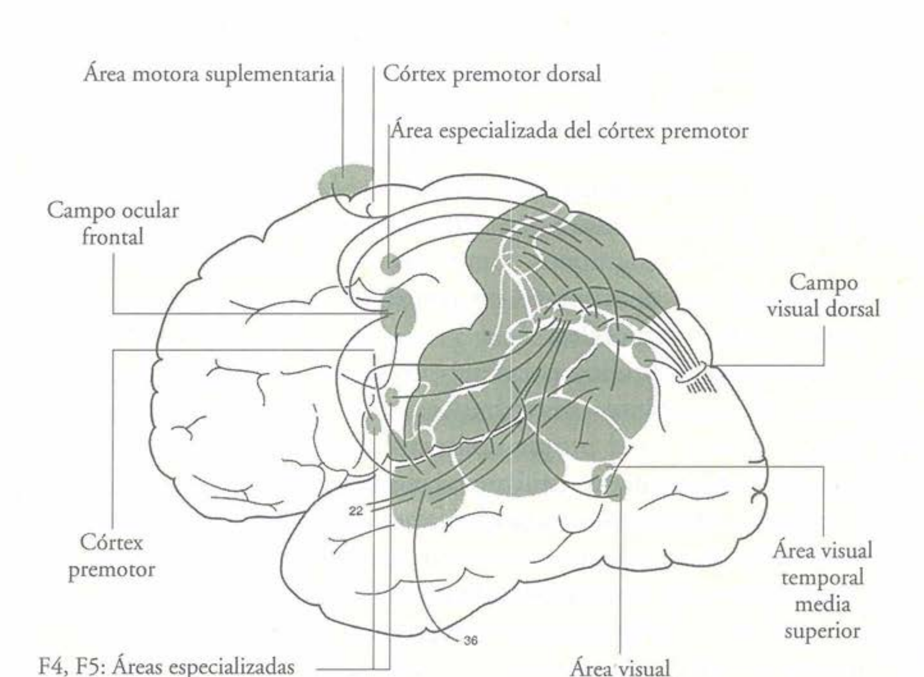


Figura 5.3. Conexiones córtico-corticales más importantes del lóbulo parietal implicadas en la percepción táctil.

ventral que lleva la información sobre el dolor y la temperatura. En la corteza cerebral se consideran cuatro áreas importantes en la codificación, análisis e interpretación de la información táctil; una la *corteza somatosensorial primaria (SI)*, que corresponde con las áreas 1, 2, 3, de Brodmann con conexiones con la corteza motora primaria (área 4 de Brodmann) y con la corteza de asociación parietal (áreas 5 y 7 de Brodmann), estas áreas están implicadas en el reconocimiento táctil (área 3), en la elaboración de la información sensorial (áreas 1 y 2) y en los procesos perceptivos táctiles cognitivos complejos (áreas 5 y 7) otra la *corteza somatosensorial secundaria (SII)* que se sitúa centralmente a la SI en el giro poscentral, que recibe gran parte de las señales de SI. Por último

hay autores que incluyen otras dos áreas somatosensoriales cercanas anatómicamente al área SII, llamadas *corteza somatosensorial asociativa SIII*, que incluye el área 5 y 7 de Brodmann y *corteza somatosensorial asociativa SIV*, que incluye la corteza insular posterior (22) y que, se indicó anteriormente, estarían implicadas en procesos táctiles cognitivos complejos así como en la integración de estimulación multimodal en conexión con áreas terciarias parieto-occipito-temporales.

Todos estos estudios confieren un carácter multidisciplinar y cognitivo importante a la estimulación táctil que convendría estudiar y practicar en el propio contexto escolar, entre otras razones porque desde pequeños utilizamos el tacto como elemento de conocimiento de las cosas y esto ha favorecido una ruta neuronal de integración de la información táctil, en segundo lugar porque dicha ruta favorece el desarrollo de múltiples áreas corticales necesarias para el reconocimiento e integración del estímulo en el ambiente, en tercer lugar porque el tacto es un buen método para generar novedad en el cerebro, dada la poca aplicación que de él se realiza en el colegio y ello va a permitir un desarrollo importante de áreas tan necesarias en el aprendizaje y la memoria como el hipocampo, entre otras razones porque las neuronas táctiles cerebrales también tienen capacidad de memoria a corto plazo al igual que las auditivas o visuales. La estimulación táctil permite adquirir información a sobre procesos tales como vibración, temperatura, peso, flexibilidad, elasticidad, suavidad, aspereza, humedad, sequedad., etc., necesarios para muchas funciones cognitivas (23).

Aplicaciones en el campo de la educación

La importancia de estimular la percepción visual en los niños en la etapa escolar es grande dado que van a necesitar la agilidad visual para la lectura; en este sentido, la estimulación mediante estrategias que inviten a mantener la atención focal, discriminar rápidamente símbolos, números o letras, con una rápida velocidad en el

movimiento ocular, etc., serán importantes con vistas al aprendizaje escolar posterior. Contrastes de luz, identificación de colores, formas, coordinación mano-ojo, utilizar la televisión en dibujos animados para diferenciar colores, volúmenes, situaciones, contenidos, descripciones, etc., serán de suma importancia en la mejora de la percepción visual.

Auditivamente se debería proponer a los niños un ejercicio diario de percepción de diferentes sonidos, tonos, ritmos, música, palabras complejas dichas despacio y también rápidamente y a prestar atención para diferenciar los distintos tipos de sonidos propios de la vida diaria.

Otra aplicación práctica, dirigida sobre todo a la familia, es que el niño se integre en un ambiente de estimulación musical en especial con musica clásica, donde el ritmo musical es lento, estructurado y organizado en determinadas secuencias. Asimismo es importante conseguir integrar estímulos visuales con estímulos musicales a fin de desarrollar procesos de atención, memoria o aprendizaje. También es aconsejable desarrollar programas de discriminación auditiva con tonos cercanos a la banda tonal del lenguaje (véase www.cerebrovirtual.es).

El uso activo del tacto para buscar, adquirir, analizar, discriminar y reconocer información debería ser considerado como un medio pedagógico más para mejorar las capacidades cognitivas de los niños; ejercicios sobre discriminación táctil de cosas y objetos de la vida diaria con diferentes texturas y formas sería un buen ejercicio diario para mejorar procesos atencionales y en general un buen ejercicio para completar un desarrollo integral del cerebro.

Referencias bibliográficas

1. LISSAUER, H. (1890): «Ein Fall von Seelenblindheit nebst einem Beitrage zur Theorie derselben». *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 21, 222-270.

2. GESCHWIND, N. (1965): «Disconnections syndromes in animal and man», *Brain*, 88, 237-294.
3. MCCARTHY, R. A. y WARRINGTON, E. K. (1990): *Cognitive Neuropsychology. A clinical introduction*, Nueva York, Academic Press.
4. MARR, D. (1982): *Vision*, San Francisco, CA, Freeman.
5. ZEKI, S. M. (1993): *A vision of the brain*, Oxford, Blackwell Scientific.
6. CHERTKOW, H. y BUB, D. (1994): «Functional activation and cognition: The 15º PET subtraction method». En A. Kertesz *Localization and neuroimaging in neuropsychology*, Nueva York, Academia Press, pp. 152-184.
7. SERGENT, J. (1994): «Cognitive and neural structures in face recognition», En A. Kertesz *Localization and neuroimaging in neuropsychology*, Nueva York, Academia Press, pp. 473-494.
8. WEINBERGER, N. M. (2004): «Music and the brain». *Sci Am.* noviembre, 291(5): 88-95.
9. MORENO, S., MARQUES, C., SANTOS, A., SANTOS, M., CASTRO, S. L., BESSON, M. (2008): «Musical Training Influences Linguistic Abilities in 8-Year-Old Children: More Evidence for Brain Plasticity». *Cerebral Cortex*, octubre, 1.
10. SUDA, M., MORIMOTO, K., OBATA, A., KOIZUMI, H., MAKI, A. (2008): «Cortical responses to Mozart's sonata enhance spatial-reasoning ability», *Neurol Res.* julio, 15.
11. ALTENMÜLLER, E. (2008): «Neurology of musical performance». *Clin Med.* agosto, 8(4): 410-413.
12. FUKUI, H., TOYOSHIMA, K. (2008): «Music facilitate the neurogenesis, regeneration and repair of neurons», *Med Hypotheses.* agosto, 7.
13. BROWN, S. MARTÍNEZ, M. J. y PARSONS, L. M. (2006): «The Neural Basis of Human Dance», *Cerebral Cortex*, 16(8): 1157-1167.
14. BROWN, S., PARSONS, L. M. (2008): «The neuroscience of dance». *Sci Am.* julio; 299 (1): 78-83.
15. HARRIS, J. A., HARRIS, I. M. y DIAMOND, M. E. (2001): «The Topography of Tactile Working Memory». *Journal of Neuroscience*, octubre 15, 2001, 21(20): 8262-8269.
16. HARRIS, J. A., MINIUSSI, C., HARRIS, I. M., y DIAMOND, M. E. (2002): «Transient Storage of a Tactile Memory Trace in Primary Somatosensory Cortex». *Journal of Neuroscience*, octubre 1, 2002, 22(19): 8720-8725.
17. DILLON, Y., HAYNES, J., HENNEBERG, M. (2001): «The relationship of the number of Meissner's corpuscles to dermatoglyphic characters and finger size», *J Anat*, noviembre, 199(Pt 5): 577-584.

18. MIKEL, M. (2004): «Haptic exploratory strategies and children who are blind and have additional disabilities», *J Visual Impairment & Blindness*, 2, 98, 1-15.
19. HARRIS, J. A., THEIN, T. y CLIFFORD, C. W. (2004): «Dissociating Detection from Localization of Tactile Stimuli», *The Journal of Neuroscience*, abril 7, 24(14): 3683-3693.
20. HARRIS, J. A., KARLOV, L. y CLIFFORD, C. W. (2006): «Localization of Tactile Stimuli Depends on Conscious Detection», *Journal of Neuroscience*, enero 18, 2006, 26(3): 948-952.
21. SWISHER, J. D., HALKO, M. A., MERABET, L. B., MCMAINS, S.A. y SOMERS, D. C. (2007): «Visual Topography of Human Intraparietal Sulcus», *Journal of Neuroscience*, mayo 16, 27(20): 5326-5337.
22. CASELLI, R. J. (2003): «Tactile agnosis and disorders of tactile perception». En Feinberg T. E. y Farah M. J. *Behavioral Neurology & Neuropsychology*, McGraw Hill, 271-273.
23. MCLINDEN, M. y MCCALL, S. (2002): *Learning Through Touch: Supporting children with visual impairment and additional difficulties*, Londres, David Fulton Publishers, Ltd.

CAPÍTULO 6

CÁLCULO Y MATEMÁTICA

Los antecedentes que permiten la comprensión del significado de los números arábigos incluyen el juicio sobre numeralidad, magnitud, habilidad para realizar escalas analógicas o digitales y un almacenamiento léxico adecuado en el cual se asume la presencia de mecanismos perceptivos intactos. La numeralidad puede definirse como la habilidad para realizar juicios del tipo «más que» o «menos que», mientras que la estimación de magnitudes indica la habilidad para estimar un cálculo determinado, tanto de distancia como de peso o cantidad. El aprendizaje y la organización léxica de los números requiere tanto la habilidad para procesar y discriminar entre tipos de números como para dar significado a esta forma a través de la definición y el sonido.

La competencia acerca de la numeralidad parece encontrarse presente en los niños en edades tan tempranas como los siete meses aunque se ha cuestionado la relación exacta entre esta facultad y el desarrollo de las habilidades numéricas básicas. Mientras que la capacidad cognitiva general es un prerrequisito obvio para el

inicio del aprendizaje de la computación aritmética, el desarrollo de habilidades específicas puede ser un factor de capacidad matemática independiente de la capacidad cognitiva general; de hecho, los conceptos matemáticos se desarrollan a muy temprana edad aunque los procesos explicativos de los mismos se llevan a cabo más tardíamente, podríamos decir que implícitamente existe un concepto del número ya en el primer año de vida del niño, incluso saben la diferencia entre uno y dos o que uno más uno son dos. Pero para entender el proceso numérico más complejo como por ejemplo contar, tenemos que llegar hasta los tres años para que el niño haya desarrollado los mecanismos cerebrales que le permiten contar. No obstante lo dicho, existen investigadores que piensan que el cerebro desarrolla, ya antes del nacimiento, un área especializada para identificar números al igual que existen áreas específicas cerebrales para la visión, audición o tacto.

Una posible explicación para la pérdida de información en los problemas de computación mental, aparte del decaimiento y las limitaciones de capacidad, es la memoria a corto plazo en el proceso de cuenteo; dicho proceso permite predecir los errores a partir de la supresión articulatoria y de la similitud fonológica de los dígitos, estudiando errores tanto de omisión como de repetición. Este modelo supone que la repetición aparece cuando el sujeto no puede codificar el dígito dentro de la memoria a corto plazo, mientras que la omisión tiene lugar cuando falla un proceso de chequeo probabilístico de los dígitos contenidos en este almacén de memoria.

La localización del procesamiento numérico y de la capacidad de cálculo se asignan a la región parieto-temporal del hemisferio izquierdo (véase figura 6.1), sin embargo todos los conceptos teóricos llevados a cabo sobre esta función neuropsicológica están realizados en base a estudios con pacientes lesionados; tanto en casos individuales como de grupo, los resultados tienden a situar la lesión en el hemisferio izquierdo, y especialmente del lóbulo parietal, en la etiología de los trastornos del cálculo. Cabría decir que el lóbulo parietal juega un papel importante o primordial en

el procesamiento de números. Por otro lado, se ha comprobado que lesiones en áreas visuales parieto-occipitales izquierdas originan alteraciones en la lectura de palabras mientras que cuando se producen en el hemisferio derecho las dificultades se dan en la lectura de dígitos. Estos resultados por tanto pueden indicar que existe una gran red neuronal para llevar a cabo los procesos aritméticos en la que ambos hemisferios tendrían implicaciones diferentes en base a los distintos procesos necesarios para el cálculo (representación del número, análisis espacial, magnitud del mismo, estimación de cantidad, etcétera). La implicación del lóbulo parietal, especialmente capacitado para el análisis de las relaciones espaciales, en el cálculo podría estar asociada con la capacidad que tienen los matemáticos en la visualización de procesos espaciales, tanto es asi que Einstein decía que antes de llevar a cabo un problema matemático visualizaba los números en el cerebro.

Los estudios sobre procesamiento normal de números en sujetos normales indican asimismo que el lóbulo parietal es el eje central de esta función cognitiva de forma bilateral con una mayor actividad en el hemisferio izquierdo sobre todo cuando la prueba requiere cálculos exactos o manejo de tablas ariméticas, aunque también se han visto activadas otras áreas corticales cerebrales como el córtex prefrontal durante estos procesos. No obstante, los resultados de estos y de otros estudios vienen a confirmar el lóbulo parietal como el área más importante en los procesos numéricos de lectura, cálculo o aritmética (1, 2, 3, 4, 5), tanto es así que Dehaene (6) llega a afirmar que en dicho lóbulo se podría elaborar los procesos implícitos del cálculo o su intuición numérica del mismo.

Como excepción a lo dicho existen modelos de procesamiento de textos, basados en el trabajo con sujetos normales, que han introducido una nueva aproximación para la comprensión de la solución de problemas aritméticos. Estudios llevados a cabo mediante PET se comprueba un aumento del consumo de glucosa durante la realización de las pruebas de WAIS en sujetos normales en áreas parieto-temporales izquierdas durante la realización del

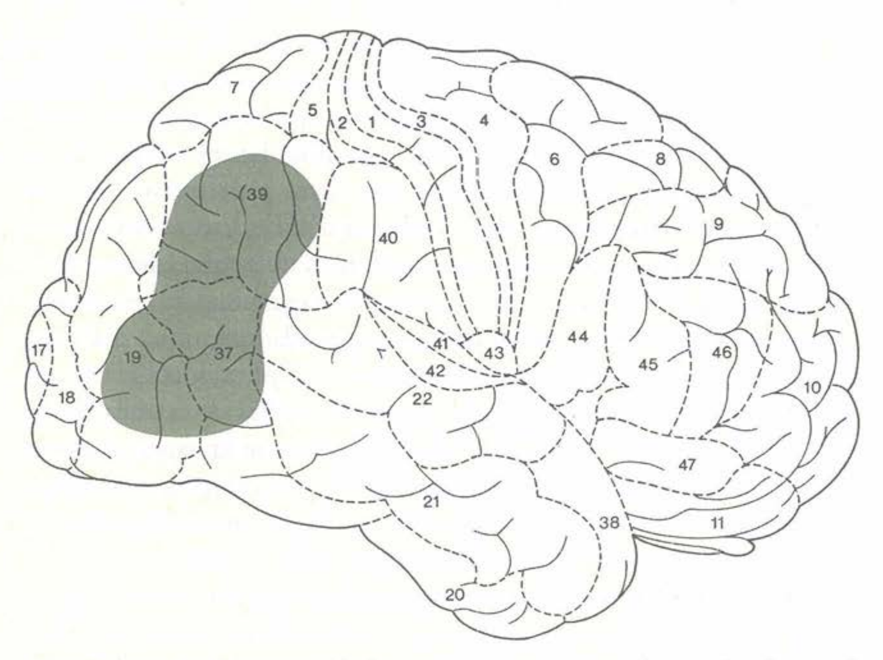
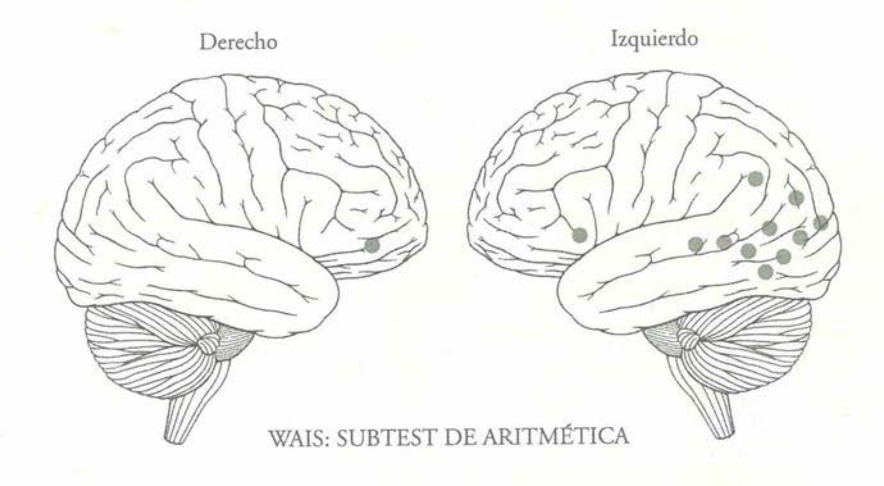


Figura 6.1. Representación de las áreas parieto-temporales implicadas en el cálculo.

subtest de aritmética mientras que en la memoria de dígitos se activan las áreas parietales bilaterales (véase figura 6.2). Sin embargo, estudios hechos con resonancia magnética funcional concluyen que cuando llevamos a cabo sumas o restas se activa el lóbulo parietal inferior del hemisferio derecho; en este contexto también se ha comprobado en pacientes acalcúlicos un aumento considerable de bandas de actividad magnética lentas, lo que significa una baja funcionalidad cerebral, del parietal derecho en pacientes con acalculia mediante registros de MEG (véase gráfico 6.1). Existen datos que identifican una mayor activación del parietal inferior izquierdo durante la multiplicación mientras que sucede lo contrario con la comparación, en la que es el parietal derecho el más activado. Probablemente cuando multiplicamos estamos



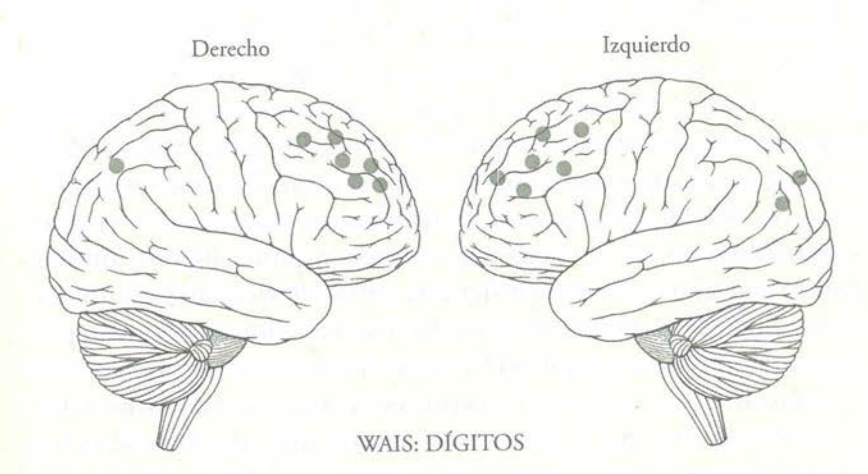


Figura 6.2. Representación del consumo de glucosa durante la realización de las pruebas de aritmética y de dígitos del WAIS.

activando mucho más el lenguaje que cuando comparamos magnitudes, proceso con implicaciones espaciales y visuales, y ésa sería la causa de la predominancia derecha.

Recientemente, diferentes estudios llevados a cabo con neuroimagen apoyan la idea de que existe una disminución importante en la activación de las áreas prefrontales y parietales en beneficio de un incremento de la del giro angular como consecuencia de los procesos de memoria implicados en operaciones de cálculo y aritmética (7). No obstante, la mayoría de estudios encuentran diferentes redes neuronales de activación cerebral en función de la tarea a realizar y de las estrategias a seguir para la resolución de las operaciones matemáticas, de tal forma que, si está más implicada la memoria o el recuerdo, se activa mucho más el giro angular que si están ejecutando estrategias para resolver el problema aritmético; en este caso, se activa más una red neuronal mucho más amplia, que incluye áreas frontales y parietales para la resolución del problema (8). La conclusión que se puede sacar de los recientes estudios de neuroimagen es que en las funciones de cálculo y aritmética están implicadas diferentes redes neuronales que incluyen estructuras subcorticales y que dependen de la compejidad de la tarea, de tal forma que cuando se llevan a cabo operaciones mentales de cálculo se activan el córtex frontal, el parietal, y el girus cingulado mientras que cuando se llevan a cabo cálculos simultáneos se activan además estructuras subcorticales tales como núcleo caudado, globo pálido y núcleo estritato, mientras que el giro supramarginal está implicado en las operaciones aritméticas más complejas en las que intervienen procesamientos más elaborados.

Otro aspecto importante en el estudio del cálculo es el de las diferencias existentes entre chicos y chicas, diferencias que han sido puestas de manifiesto en distintos estudios. Aun cuando su existencia está suficientemente comprobada, probablemente, no se deba exclusivamente a la biología sino también a la edad de aprendizaje de estos procesos, a una mayor madurez en niñas que en niños y a las diferentes posibilidades que ofrecen las enseñanzas en los distintos países para niños y niñas. Si se tiene en cuenta



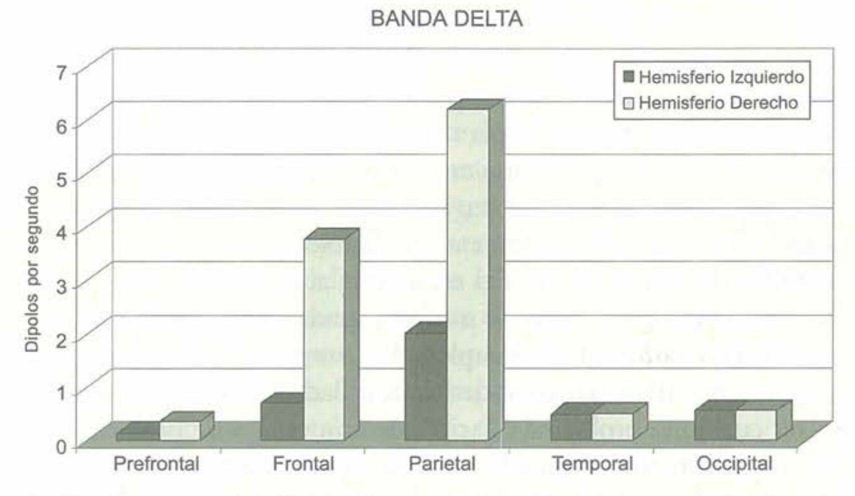


Gráfico 6.1. Actividad de baja frecuencia (banda delta) en parietal derecho durante estado basal mediante registro MEG en un sujeto acalcúlico.

la parte espacial de las matemáticas, los hombres tendrían una ventaja mayor sobre las mujeres, que aventajarían, sin embargo, a los hombres en la parte verbal de los procesos de cálculo.

Dado el alto nivel de complejidad cerebral del cálculo y de las matemáticas, ésta debería ser una asignatura básica durante toda la etapa escolar, pues no sólo favorecería el desarrollo de nuevas redes neuronales sino que facilitaría también otros diferentes procesos cognitivos asociados con dichas áreas.

Muchos de los problemas que los niños tienen con las matemáticas vienen determinados por una limitación en la comprensión del problema, o por una incapacidad para identificar un problema como perteneciente a un grupo de problemas. Por ejemplo, el estudiante no reconoce que el problema en el que se comparan dos trenes que recorren la misma distancia en tiempos distintos pertenece a la categoría de velocidad («conocimiento del esquema»). A veces las dificultades están relacionadas con el conocimiento

procedimental: el estudiante es incapaz de realizar una serie de operaciones matemáticas. Otras veces se presentan por alteraciones del conocimiento «estratégico»: el estudiante no puede hacer uso de métodos generales para la resolución de problemas, como el descomponer el problema en problemas menores; o incluso las dificultades tienen su origen en una mala actitud hacia las matemáticas. Todo ello debería llevar a las profesores a desarrollar nuevos métodos de aproximación del estudiante al mundo de las matemáticas mediante la creación de modelos graduados, desde lo específico a lo general, desde lo simple a lo complejo y el desarrollo del pensamiento matemático y de la habilidad del estudiante para resolver cualquier problema relacionado con el tipo de problemas del que tenga experiencia para la identificación de la relación lógica entre los valores numéricos, o para la comprensión de la relación abstracta existente entre datos conocidos y/o desconocidos.

Discalculia

Podríamos definir la discalculia como un desorden adquirido en el manejo de los símbolos numéricos, cálculo y aritmética en niños con un cociente intelectual y desarrollo académico y social normales.

Diferentes estudios justifican la existencia de entre un 4% y un 7% de niños con discalculia (9, 10); incluso algunas investigaciones plantean la posibilidad de determinados factores genéticos como elementos causales de su desarrollo de la misma al encontrar que familiares de estos niños estarían afectados, asimismo, de dificultades en el manejo de las matemáticas.

Badian (9) propone hablar de discalculia debida a déficits en la lectoescritura, discalculia espacial como consecuencia de la dificultad para organizar los números en el espacio, discalculia como consecuencia de déficits atencionales y déficit específicos para realizar operaciones aritméticas (anaritmia). Por su parte Temple (12) propone una distinción entre la discalculia producida como

consecuencia de la dificultad en la rotación de los números, discalculia para la aritmética, la discalculia como consecuencia de déficits en el almacenamiento y recuerdo de tablas aritméticas y la discalculia procedimental debido a déficits para la ejecución de cálculos con varios dígitos en una secuencia correcta.

Recientes estudios con neuroimagen han localizado alteraciones en el lóbulo parietal, principalmente el surco intraparietal derecho en niños con discalculia durante el procesamiento de números (13, 14). Otros han encontrado una disminución importante del N-acetil-aspartato regiones temporoparietales izquierdas facilitando la hipótesis de que la discalculia podría estar asociada con lesiones en el lóbulo parietal izquierdo (15).

Un reciente estudio llevado a cabo con niños discalcúlicos y niños normales encontró que existían muchas diferencias entre ambos grupos, con una reducción del volumen de la sustancia gris en el surco intraparietal derecho en el grupo de niños discalcúlicos, en el cínculo anterior, en el giro frontal inferior izquierdo y bilateral medio asi como una disminución significativa del volumen de la sustancia blanca en el córtex prefrontal izquierdo y en el giro parahipocampal derecho en los niños discalculicos. La disminución tanto de la sustancia gris como de la blanca en la red neuronal frontal-parietal podría ser la base neurológica de las alteraciones en el procesamiento de las operaciones aritméticas mientras que la disminución del volumen de la sustancia blanca en áreas parahipocampales podría estar asociada con el deterioro en los procesos de memoria y recuerdo espacial de números (16).

La conclusión más importante de estos estudios parecen indicar que a pesar de la gran variabilidad interindividual de estos niños existe una red neuronal bastante definida que podría estar implicada en las alteraciones en el procesamiento de números en niños discalcúlicos que incluiría amplias áreas frontoparietales, tales como el surco intraparietal, el giro frontal inferior y medio de ambos hemisferios (17).

En conclusión, la discalculia bien podría deberse a una hipofunción del lóbulo parietal como consecuencia de un déficit en el

desarrollo neuronal, bien a un problema genético consecuencia de que los padres también lo sufrieron; bien a una hipofunción escolar por falta de estimulación y enseñanza adecuada de los números y el cálculo.

Los profesores deberían tener una especial atención con aquellos niños discalcúlicos que además manifiesten síntomas asociados, tales como disgrafia, agnosia digital o desorientación derecha izquierda porque podríamos estar hablando de alteraciones neurológicas serias a nivel del lóbulo parietal. Deberían tener, particularmente, en cuenta a aquellos alumnos que presentan dificultades en el reconocimiento de dígitos numéricos, en la pérdida del concepto simbólico del número, de la posición del número cero en diferentes organizaciones numéricas, en la dirección en la anotación de los números, cuando confunden la vertical con la horizontal en las operaciones aritméticas, en las dificultades en el cálculo de diferentes operaciones aritméticas o cuando cometen errores tales como inversión, lugar no adecuado, inadecuada alineación de los números, perseveración de determinados dígitos, o cuentan en lugar de calcular, por ejemplo 10 + 3 = 11.

Obviamente, los trastornos del aprendizaje del cálculo no tienen por qué estar directamente relacionados con una alteración neurológica, sino que también pueden estar asociados con una falta de enseñanza en el momento adecuado del desarrollo de los números, con estados de ansiedad, con inadaptación al profesor o al centro, etc., o incluso ser debidos a problemas de tipo genéticos, dado que se han encontrado relaciones muy directas entre padres discalcúlicos e hijos, también podrían deberse a un desfase en el proceso normal de desarrollo, puesto que los bebés ya disponen del concepto de cálculo. En este sentido, los padres serían los primeros en descubrir esta deficiencia puesto que un bebé es capaz de diferenciar, por ejemplo, entre una o dos muñecas.

Aplicaciones en el campo de la educación

La aplicación práctica de lo expuesto tanto a nivel familiar como escolar podría plasmarse en baterías de ejercicios de calculo, matemáticos, aritméticos a fin de estimular tanto el conocimiento del problema como la estrategia para resolverlo, identificar la relación lógica entre los valores numéricos o comprender la relación abstracta entre datos conocidos y desconocidos. La visualización será básica en este tipo de programas que combinan seriaciones de estímulos espaciales que inicialmente se basan en la forma y secuencialmente se van complicando con elementos espaciales de uso común con el fin de facilitar la visualización y asociación visomotora en la realización y la resolución de los diferentes problemas matemáticos o aritméticos propuestos. Son básicas varias funciones cognitivas en la estimulación del cálculo y la matemáticas por un lado la memoria de trabajo necesaria para mantener distintos dígitos y sus posibles combinaciones en la solución del problema, por otro, la comprensión del mismo, por lo que un buen ejercicio de lenguaje comprensivo será básico en este tipo de programas.

Por último, la práctica de cálculos sencillos relacionados con las actividades de la vida diaria, compras, cantidades, volúmenes de elementos de la propia casa, etc., favorecerían la motivación y el entusiasmo por resolver problemas matemáticos y aritméticos.

Referencias bibliográficas

1. BURBAUD, P., DEGREZE, P., LAFON, P., FRANCONI, J. M., BOULIGAND, B., BIOULAC, B., CAILLE, J. M., ALLARD, M. (1995): «Lateralization of prefrontal activation during internal mental calculation: a functional magnetic resonance imaging study». *J Neurophysiol*, noviembre, 74(5): 2194-2200.
2. RUECKERT, L., LANGE, N., PARTIOT, A., APPOLLONIO, I., LITVAN, I., LE BIHAN, D., GRAFMAN, J. (1996): «Visualizing cortical activation during mental calculation with functional MRI». *Neuroimage*, abril, 3(2): 97-103.

3. DEHAENE, S., SPELKE, E., PINEL, P., STANESCU, R., TSIVKIN, S. (1999): «Sources of mathematical thinking: behavioral and brain-imaging evidence». *Science*, mayo, 7; 284(5416): 970-284.
4. PESENTI, M., THIOUX, M., SERON, X., DE VOLDER, A. (2000): «Neuroanatomical substrates of Arabia number processing, numerical comparison and simple addition: a PET study», *J. Cog. Neurosci*, 12, 3, 461-479.
5. ZAGO, L., PESENTI, M., MELLET, E., CRIVELLO, F., MAZOYER, B., TZOURIO-MAZOYER, N. (2001): «Neural correlates of simple and complex mental calculation». *Neuroimage*, febrero, 13(2): 314-27.
6. DEHAENE, S. (2003): «Acalculia and number processing disorders». En T. E. Feinberg y M. J. Farah, *Behavioral neurology and neuropsychology*, Nueva York, McGraw-Hill, pp. 207-215.
7. ISCHEBECK, A., ZAMARIAN, L., SCHOCKE, M., DELAZER, M. (2008): «Flexible transfer of knowledge in mental arithmetic. An fMRI study», *Neuroimage,* noviembre, 5.
8. GRABNER, R. H., ANSARI, D., KOSCHUTNIG, K., REISHOFER, G., EBNER, F., NEUPER, C. (2008): «To retrieve or to calculate? Left angular gyrus mediates the retrieval of arithmetic facts during problem solving», *Neuropsychologia,* octubre, 21.
9. BADIAN, N. A. (2983): «Dyscalculia and nonverbal disorders of learning». En H.R. Myklebust, *Progress in learning disabilities*, Nueva York, Stratton, pp. 235-264.
10. LEWIS, C., HITCH, G. J., WALKER, P. (1994): «The prevalence of specific aritmetic difficulties and specific reading difficulties in 9-10 year-old boys», *J. Clin. Psychol. Psychiatry*, 35, 283-292.
11. SHALEV, R.S., MANOR, O., KEREM, B., AYALI, M., BADICHI, N., FRIEDLANDER, Y., GROSS-TSUR, V. (2001): «Developmental dyscalculia is a familial learning disability». *J Learn Disabil*, enero-febrero, 34(1): 59-65.
12. TEMPLE, C. M. (1994): «The cognitive neuropsychology of the developmental dyscalculias», *Curr Psychol Cogn*, 13, 351-370.
13. PRICE, G.R., HOLLOWAY, I., RÄSÄNEN, P., VESTERINEN, M., ANSARI, D. (2007): «Impaired parietal magnitude processing in developmental dyscalculia», *Curr Biol.* diciembre, 18; 17(24).
14. MOLKO, N., CACHIA, A., RIVIÈRE, D., MANGIN, J. F., BRUANDET, M., LE BIHAN, D., COHEN, L., DEHAENE, S. (2003): «Functional and structural alterations of the intraparietal sulcus in a developmental dyscalculia of genetic origin», *Neuron.* noviembre, 13; 40(4): 847-858.

15. LEVY, L. M., REIS, I. L., GRAFMAN, J. (1999): «Metabolic abnormalities detected by 1H-MRS in dyscalculia and dysgraphia», *Neurology,* agosto, 11; 53(3): 639-641.
16. ROTZER, S., KUCIAN, K., MARTIN, E., VON ASTER, M., KLAVER, P., LOENNEKER, T. (2008): «Optimized voxel-based morphometry in children with developmental dyscalculia», *Neuroimage,* enero, 1; 39(1): 417-422.
17. KUCIAN, K., LOENNEKER, T., DIETRICH, T., DOSCH, M., MARTIN, E., VON ASTER, M. (2006): «Impaired neural networks for approximate calculation in dyscalculic children: a functional MRI study», *Behav Brain Funct.* septiembre, 5; 2: 31.

CAPÍTULO 7

EMOCIÓN Y MOTIVACIÓN

Emoción

Lo escrito hasta ahora en el presente libro no tendría mucho significado, desde el punto de vista cerebral, si no incluyésemos en todos y cada uno de los procesos de aprendizaje escolar la referencia a las emociones y a las motivaciones que son verdaderos impulsores de cualquier aprendizaje humano. Los estudios sobre la emoción proveen argumentos para la elaboración de nuevas teorías así como datos sobre su organización neural. Estos estudios procedentes del campo de la neuropsicología contribuyen a discutir y diferenciar las teorías sobre la emoción, tal es el caso de los estudios sobre negligencia atencional, percepciones faciales, prosodia, arousal, lateralización, memoria, aprendizaje, modalidades verbales y no verbales (1, 2, 3, 4).

En relación con los aspectos neuroanatómicos, se han llevado a cabo estudios que valoran un proceso nivélico límbico en la explicación de la teoría emocional, otros se han basado en lesiones es-

pecíficas y localizadas que han dado lugar a la identificación de diferentes áreas neuroanatómicas implicadas en la emoción. Los efectos de las lesiones amigdalinas son especialmente bien conocidos en el caso de la adquisición de reacciones de miedo condicionado. La función que se atribuye a la amígdala en el procesamiento emocional no es la de un «centro» emocional, sino la de un componente en un sistema de múltiples estructuras interconectadas, similares a un «computador emocional» (5).

Mientras que la amígdala parece mediar el aprendizaje de conexiones estímulo-refuerzo, la corteza orbitofrontal se ocuparía de la función complementaria de desconectar esas asociaciones cuando las contingencias ambientales se modifican. Los efectos del daño del córtex prefrontal en humanos se asemejan en parte a los observados en monos, en el sentido de que también se producen modificaciones emocionales y déficits en las tareas que requieren cambios en las estrategias conductuales en respuesta a modificaciones en las contingencias ambientales (por ejemplo, la conocida perseverancia en la prueba de clasificación de tarjetas de Wisconsin).

Un dato importante que aporta la neuropsicología en el estudio de la emoción es el de las posibles diferencias hemisféricas en el control de la conducta y la experiencia emocionales. Aunque a veces se ha identificado al hemisferio derecho como «cerebro emocional», por contraposición al carácter racional del hemisferio izquierdo, la idea más aceptada actualmente es que cada hemisferio está asociado con procesos emocionales de distinto signo hedónico. Davidson (6) identifica las asimetrías cerebrales en el control de la emoción con la diferenciación entre tendencias de aproximación y evitación y propone una especialización de los hemisferios izquierdo y derecho en las emociones positivas y negativas respectivamente. En cuanto al procesamiento emocional, existen pruebas de la superioridad del hemisferio derecho en la detección del estado de ánimo a través de claves como la entonación de voz o la expresión facial.

Por lo que se refiere a la expresión facial y su interés en el estudio de la emoción, resulta de vital importancia la implicación del

estudio de la expresión de las caras en la emoción. Estos hallazgos tienen gran importancia en la actividad diaria de nuestros alumnos por lo que se ha venido llamando la comunicación no verbal, en el sentido de que un alumno puede perder la atención en la clase solamente por la mirada de otros, las expresiones de caras de sus compañeros o la del propio profesor en dicha clase; en este sentido, enseñar al alumno destrezas en la forma de afrontar problemas emocionales será clave en el buen desarrollo del aprendizaje escolar, el que un alumno sepa afrontar situaciones de miedo, ridículo, amenaza en el colegio de forma equilibrada es de suma importancia en su desarrollo madurativo y en su adaptación al entorno escolar.

Un avance importante en el estudio de las emociones y del cerebro es el análisis de la red neuronal en la que está implicada la emoción y que incluye una gran conexión entre el tálamo y la amígdala que permite la llegada de una información a ésta antes de que dicha información pueda elaborarse a nivel cortical, entre otras razones neuroanatómicas porque existen más *inputs* desde la amígdala a la corteza cerebral que viceversa. Esto tiene suma importancia en la toma de decisiones y en el análisis de la información, puesto que la emoción participaría de forma prioritaria y modulando dicha información. Es más, las emociones van a generar un estado positivo o negativo hacia el aprendizaje, puesto que son capaces de activar neurotransmisores que afectan a nuestro sistema respiratorio, a nuestra temperatura, al ritmo cardíaco, etc. Estos estados corporales son básicos en el aprendizaje escolar, según Damàsio (7), el cuerpo proporciona una base de referencia para la mente, es decir, los estados corporales son determinantes para el pensamiento. Procede, por tanto, subrayar la importancia que tiene esto en el ámbito escolar, y a advertir lo atentos que deberían estar los profesores a fin de mantener un equilibrio de su estado corporal entre sus alumnos.

El profesor debe controlar y vigilar el estado de ánimo de sus alumnos puesto que éste va a ser determinante en la motivación, en la elaboración de los contenidos docentes, en la comprensión

y en la ejecución de los mismos. En este sentido, Freeman (8) afirma que las emociones son las que dirigen los comportamientos motores de nuestra vida diaria, LeDoux (5) viene a decir que las emociones son una de las fuentes más importantes y fundamentales del aprendizaje humano y Damàsio (7) sostiene que las emociones adecuadas aceleran la toma de decisiones y yo diría que focalizan, analizan y ejecutan más rápido las prioridades para tomar dicha decisión, lo que conlleva una mejora en la toma de decisiones. Una justificación de lo anterior podría desprenderse de los estudios de Pert (9), que considera los estados emocionales como algo unitario y global de nuestro organismo, lo que le confiere una gran capacidad para la ejecución de cualquier acción.

Por último, cabe dejar constancia de los trabajos de investigación electrofisiológica en el estudio de la lateralización y la emoción. Diferentes estudios demuestran una asimetría temporal de la amplitud de la onda P300 frente al reconocimiento de caras alegres o tristes así como diferencias en el comportamiento de dicho componente en función de la edad. Otros estudios muestran diferencias en cuanto al sexo en el reconocimiento de caras.

Desde el punto de vista neurobiológico es mucha la importancia que pueden tener las emociones en el contexto escolar, como dice LeDoux (10) las emociones dirigen la atención, elemento importante en el contexto escolar, crean significado —también determinante para que una clase pueda ser bien asimilada— y tienen sus propias vías de recuerdo, elemento necesario para afianzar los conocimientos. Un niño con problemas emocionales difícilmente puede tener una buena respuesta escolar a las diferentes áreas de enseñanza, es más probablemente será un niño muy distraido, ausente y poco motivado en la dinámica activa de la clase.

Damàsio (7) considera las emociones como parte integrante del proceso racional, lógico, en la toma de decisiones y del aprendizaje humano puesto que la emoción nos permite fijar nuestra atención en algo y sobre todo favorecer que se lleve a cabo una acción. Las emociones han pasado a ser parte integrante del proce-

samiento y ejecución de las actividades de la vida diaria y son elemento clave en el aprendizaje escolar. Probablemente, en la escuela no se den emociones fuertes y lo que hace que el alumno esté más interesado en la clase sean los sentimientos, entendiendo éstos como respuestas emocionales tamizadas por la cultura y adaptadas al medio ambiente. En este sentido, sentimientos tales como optimismo, simpatía, preocupación por algo, anticipación a una determinada acción, etc., serán elementos claves en el aprendizaje escolar.

Motivación

Existen muchas definiciones sobre la motivación, algunas de las cuales justifican la motivación como un estado de energía, excitación o intensidad emocional que nos lleva a realizar una conducta, y sostienen que podría darse en diferentes ambientes sobre distintas conductas de nuestra vida. En el ámbito escolar se entiende que la motivación es un proceso interno que activa, dirige y mantienen una conducta hacia un objetivo concreto (11) y en el que, obviamente, participan variables biológicas, psicológicas, de personalidad, sociales y cognitivas. El desarrollo y equilibrio de estos procesos favorecerá una motivación intrínseca gracias a la cual el escolar podrá presentar una conducta positiva frente al estudio sin necesidad de recurrir a la motivación extrínseca relacionada con refuerzos exteriores, recompensas, prestigio, etcétera.

Probablemente en el contexto escolar se hable más de motivaciones que de emociones, aunque estas últimas son un elemento importante de refuerzo de las motivaciones. A consecuencia del desarrollo de la psicología conductista que utilizó en el siglo pasado el concepto de recompensa o reforzamiento social para mejorar y potenciar el comportamiento de los niños a nivel escolar, se pudo comprobar que las recompensas pueden tener un efecto a corto plazo y pueden dar muy buenos resultados en conductas muy simples y sencillas pero no sirven de mucho para el logro, el

mantenimiento o la mejora de los procesos y comportamientos cognitivos complejos, tales como el aprendizaje escolar.

Los aspectos sociales del refuerzo en la escuela son de gran importancia para la activación de la motivación; sin embargo, en la época actual, cuando los niños tienen enormes recompensas procedentes tanto del ambiente familiar como del social, este proceso debe llevarse con sumo cuidado. De hecho, hubo una época en la que los profesores motivaban a sus alumnos con recompensas y el resultado fue muy pobre; en este mismo sentido podría considerarse un grave error que los padres motiven a sus hijos a base de recompensas, porque las recompensas no son suficientes para desarrollar comportamientos complejos.

Los castigos, amenazas, imposiciones, etc., pueden tener efectos negativos en los niños sobre todo si se llevan a cabo de forma sistemática, puesto que pueden generar un estado permanente de alerta o un entorno ambiental estresante que genera más estrés que tranquilidad, lo que interferirá de forma sustancial en el pensamiento, funciones cognitivas generales y en especial en la memoria a corto plazo así como en la consolidación de la misma (12). Los valores tradicionales, los propios valores familiares y los modelos parentales son importantes en las motivaciones y en el mantenimiento de un estado corporal estable y positivo para el estudio y aprendizaje escolar.

Un aspecto importante que nunca debería olvidar un profesor, si pretende generar motivaciones positivas en sus alumnos, es el empleo de un lenguaje positivo hacia ellos, tanto a nivel personal como ante la dificultad propia de cualquier trabajo escolar. Lenguajes amenazantes, irónicos, sarcásticos con comentarios dañinos, despreciativos con relación a la inteligencia, la capacidad o las habilidades de los alumnos es un camino muy claro para conseguir un ambiente agresivo y estresante, nada positivo para el aprendizaje y la enseñanza.

Otra tarea importante a tener en cuenta por parte de los profesores consiste en detectar en sus alumnos la «indefensión aprendida» que muchas veces sucede en las escuelas y que comporta con-

secuencias enormemente negativas para los alumnos, tales como ansiedad, depresión e inquietud. La indefensión aprendida la mayoría de las veces, es consecuencia de traumas infantiles físicos, psicológicos o verbales. En el entorno escolar se puede generar indefensión aprendida mediante diferentes comportamientos o conductas propias de este medio que se suceden reiterativamente o de forma permanente, por ejemplo, mediante amenazas de compañeros, mediante la conducta verbal de amenazas, o de humillación de un alumno solo o ante sus compañeros, mediante conductas que avergüencen al niño públicamente, mediante un lenguaje por parte del profesor de inutilidad del alumno (eres un caso perdido, no lo intentas, no sabes nada, vas a ser un desgraciado, etc.) (13, 14).

Aunque no se conocen muy bien los aspectos biológicos implicados en la indefensión aprendida, las alteraciones neurobiológicas son muy importantes y difíciles de modificar, tanto que se necesita mucho tiempo y grandes refuerzos positivos para que el cerebro pueda alcanzar la normalidad, si es que llega y, sobre todo, para disponerlo, en condiciones óptimas para un buen aprendizaje escolar. Recientes estudios aceptan que las neuronas serotoninérgicas del núcleo dorsal del rafe podrían estar implicadas en la indefensión aprendida (15) y que la actividad física reduce considerablemente la severidad del estrés asociado con lateraciones emocionales como pueden ser la ansiedad y depresión (16), que son manifestaciones muy comunes de niños con indefensión aprendida. Estos hallazgos biológicos indican que una vez instaurada la indefensión aprendida en un niño las posibilidades de recuperarlo son muy lentas y escasas, por lo que se aconseja a los maestros prestar mucha atención a este tipo de manifestaciones, ya que si se deja pasar mucho tiempo la recuperación será muy difícil.

La motivación es básica en todos los ámbitos de nuestra vida, podríamos clasificarla como el motor de nuestras conductas más inmediatas y en este sentido es uno de los procesos que debería cuidarse con más esmero en el medio escolar para conseguir mayores y mejores resultados. A pesar de que la emoción es impor-

tante a lo largo de toda nuestra vida, en el ambiente escolar la motivación tiene una enorme importancia y un efecto directo sobre los procesos de aprendizaje. De hecho, cuando nosotros analizamos cualquier conducta siempre nos preguntamos qué es lo que ha motivado llevar a cabo dicha conducta y no otra. En este sentido, la explicación podría ser que ha sido realizada por una estimulación ambiental, o porque teníamos una necesidad urgente de efectuarla, o por un impulso emocional o porque con ella podrá conseguirse un logro, meta o incentivo.

Esto nos lleva a interpretar nuestras conductas como consecuencia sea de estímulos externos o de necesidades internas de realizarlas; tanto unos como otras resultan importantes en la educación escolar y en particular, en algunas de sus diferentes etapas de la educación escolar, dado que no tienen los mismos intereses sociales y/o necesidades internas los niños de seis años que los jóvenes adolescentes. En este sentido el conocimiento por parte del profesor del nivel de desarrollo madurativo de las diferentes etapas a lo largo de la vida escolar será clave para un mejor aprendizaje de sus alumnos.

De la exposición antes efectuada sobre la motivación para realizar una determinada conducta se desprende por un lado que nuestra motivación vienen condicionada por tres grandes vectores, implicados diariamente en la actividad escolar; por un lado, un vector biológico que implica desde procesos emocionales; más activos en edades adolescentes, hasta procesos de novedad por las cosas, más activos en estas edades infantiles pasando por procesos de conocimiento e información más activos en etapas intermedias entre la infancia y la adolescencia, por otro un vector asociado al valor cognitivo de la conducta que justifica el hecho de que se quiera realizarla inmediatamente o se desee demorarla. Por último, el factor social en el que se valorar el resultado de dicha conducta en términos de recompensa, logros, metas, etcétera.

La motivación es, pues, un proceso constante en la vida de las personas. Particularmente en la etapa escolar, podría venir determinada por muchas causas diferentes en las que podrían predo-

minar, en función de la edad, los aspectos neurobiológicos en una primera etapa o la necesidad de novedad y los aspectos sociales en la edad entre la infancia y la adolescencia y los muy emocionales en la etapa de adolescente. El maestro tendría que conseguir enfocar dichas motivaciones al servicio de la enseñanza y de la educación teniendo en cuenta las anteriores diferencias en función de la edad. Así, en la etapa infantil el conseguir un entorno estimular rico en novedades y muy cambiante podría contribuir a una gran motivación hacia el estudio de los niños, mientras que en la etapa intermedia hasta la adolescencia el estímulo de la propia clase, el aumento de la información, de los conocimientos y de la experiencia, serían las claves. En la etapa adolescente la combinación de aspectos experienciales, de relaciones sociales, de cooperación en grupo, etc., deberían inspirar métodos de enseñanza que ayudarían a mejorar y aumentar la motivación hacia el estudio. La organización de la conducta, de los contenidos y la dirección de ambos también contribuirán a mejorar los estados motivacionales hacia la enseñanza.

Existen otros aspectos que pueden alterar en el día a día la motivación de los niños hacia el aprendizaje como pueden ser la temperatura del aula, la luz, la fatiga, la falta de sueño, la deshidratación, la mala alimentación; ni que decir de los estados de estrés o alteraciones emocionales, es decir, todo aquello que altere la homeostasis de su organismo dificultará los procesos motivacionales hacia la enseñanza y el aprendizaje.

El cerebro dispone de un sistema muy bueno de motivación que consiste en la búsqueda de novedades, el niño se motiva si tienen nuevos estímulos que explorar o conocer. En un ambiente aburrido, estable, sin contrastes o anodino el cerebro del niño se vuelve pasivo por falta de dicha motivación; por el contrario, en un ambiente enriquecido, lleno de estímulos y con perspectivas de futuro el cerebro se activa enormemente.

En un ambiente escolar, con un estilo positivo, en lo verbal y en lo no verbal, atractivo en la exposición de los contenidos, con una gran interación entre alumnos y con una anulación de actitu-

des amenazantes, pasivas, descorteses por parte del profesor se genera una gran capacidad motivacional y se activan y promueven acciones dirigidas a un mejor aprendizaje escolar.

Por otro lado, el cerebro también dispone de un sistema cortical implicado en la motivación social, cultural e intelectual formado por el córtex prefrontal izquierdo que está implicado en la valoración de la actividad del medio ambiente en el que se desarrolla el niño y por el córtex prefrontal derecho, implicado en el mundo moral, ético, artístico, o de valores sociales. En este sentido, sabemos que el pensamiento positivo está relacionado con el hemisferio izquierdo y sobre todo con el córtex prefrontal y es capaz de generar una liberación de dopamina y opiáceos, verdaderas recompensas cerebrales, o de endorfinas placenteras que refuerzan la propia conducta. Por otra parte, la educación en valores morales, éticos, intelectuales o culturales constituyen elementos que generan en los niños una gran motivación intrínseca para la mejorar, estar muy motivados en clase y en general para cualquier tipo de aprendizaje escolar.

Los estados de motivación y desmotivación no son permanentes, por lo que durante una clase el alumno puede pasar por varios estados sucesivos. Por ello se habrá de lograr que los estados positivos prevalezcan durante el mayor tiempo posible; la novedad, el recurso a diferentes estímulos, a entonaciones de voz, etc., son un buen sistema para conseguir aumentar los estados motivacionales positivos de los alumnos. La desmotivación temporal del alumno constituye un hecho corriente en todas y cada una de las clases; existen muchos motivos por los cuales el alumno puede desmotivarse temporalmente, un mal recuerdo puede alterar el estado de ánimo del alumno, una mirada distante o agresiva del compañero le puede mantener por un período de tiempo intranquilo, el tono de su voz o un gesto enérgico, desagradable o frío del profesor pueden alterar su tranquilidad, el ambiente incómodo de la clase, el estilo de enseñanza del profesor, etc., pueden ausentar temporalmente al alumno de la clase y alterar su capacidad de atención, concentración y aprendizaje. Obviamente,

la desmotivación temporal también puede venir directamente determinada por el propio alumno como consecuencia de la falta de interés por la asignatura, la falta de objetivos personales, su propia inseguridad en el tema, la propia personalidad tendente a lo negativo, por alteraciones emocionales previas, por cansancio, fatiga o falta de sueño, etcétera.

Al margen de lo dicho, no se puede olvidar que el cerebro dispone de muchos recursos que le permiten funcionar en paralelo lo que hace que en un momento determinado como consecuencia de un hecho novedoso o de una curiosidad cambie diametralmente sus procesos de actividad volviéndose ágil y despierto para la conducta rechazada anteriormente. El ejemplo más claro de ello se da en aquellas conferencias en su mayor parte tediosas en las que el conferenciante, en un momento dado, introduce una anécdota que está relacionada con uno mismo, el cambio que se produce es muy positivo y desaparece la apatia y emerge de repente una gran motivación por escuchar lo que dice.

El cerebro recibe su recompensa de la propia información, de la novedad, de la curiosidad, de lo relevante, por lo tanto, deberíamos fijarnos más en todos estos procesos que en la recompensa inmediata a la hora de generar una mayor motivación hacia el estudio; en este sentido, los padres tienen una gran importancia en la generación de procesos motivacionales implíticos que favorecerán el posterior aprendizaje escolar.

Aplicaciones en el campo de la educación

Los padres deberían favorecer la motivacion intrínseca mediante una buena formación en valores sociales y personales como de autoestima y autorrealización, mientras que los maestros deberían favorecer los valores del conocimiento, tendrían que conseguir que el alumno pueda disfrutar del conocimiento por el valor del mismo como agente motivacional; la constante adquisición de conocimiento debería ser un motor motivacional constante en la es-

cuela, también la motivación social mediante el refuerzo de metas, expectativas, logros, posibilidad de éxito, podría ser un vehículo importante en la mejora de la calidad de enseñanza, dejando un poco de lado los aspectos de refuerzo conductual como podrían ser las recompensas, incentivos o castigos.

El objetivo principal de la motivación es que el niño pudiese facilitar, lograr e intregar en su propio desarrollo, de forma equilibrada, los procesos afectivos, cognitivos y conductuales en orden a un equilibrio global en su actividad académica, esto conseguirá que las conductas diarias sean cada vez asumidas de forma más positiva y que cada vez esté mucho más interesado en mejorar el conocimiento debido a la mayor autoeficacia y logros que tienen sus conductas, con el consiguiente refuerzo positivo intrínseco de las mismas.

Existen muchas actividades que tanto a nivel escolar como familiar podrían mejorar la motivación y estado emocional de los niños tales como:

- mantener el mayor tiempo posible la cara sonriente, este estado positivo permite activar el cerebro a través de las neuronas en espejo; las situaciones divertidas y emocionalmente positivas potencian el aprendizaje y fijan más rápidamente los contenidos escolares;
- nunca chillar ni gritar para que el niño haga los deberes, favorece una realización mejor de los deberes un estado emocional tranquilo; el niño debería entender la familia y el colegio desde un enfoque de relajación, libertad, alegría, sin estados de estrés;
- evitar al máximo las malas contestaciones, ridiculización en público, infravaloración y se debería utilizar un lenguaje positivo.

Referencias bibliográficas

1. HEILMAN, K. M., BOWERS, D., SPEEDIE, L. y COSLETT, H. B. (1984): «Comprehension of affective and nonaffective prosody», *Neurology*, 34, 917-921.
2. KOLB, B. y WISHAW, I. Q. (1986): *Fundamentos de neuropsicología humana*, Madrid, Labor.
3. SERGENT, J. (1994): «Cognitive and neural structures in face processing». En Kertesz, A. *Localization and neuroimaging in neuropsychology*, Nueva York, Academia Press, pp. 473-494.
4. LEDOUX, J. (1996): *The Emotional Brain*, Nueva York, Simon and Schuster.
5. LEDOUX, J. (1993): «Emotional memory systems in the brain», *Behavioral Brain Research*, 58, 1-2, 69-79.
6. DAVIDSON, R. J. (1993): «Cerebral asymmetry and emotion: conceptual and methodological conundrums», *Cog. Emotion*, 7, 115-138.
7. DAMÀSIO, A. (1996): *El error de Descartes*, Barcelona, Crítica.
8. FREEMAN, W. (1995): *Societies of brains*, Nueva York, Lawrence Hillsdale.
9. PERT, C. (1997): *Molecules of emotion*, Nueva York, Charles Scribner's Sons.
10. LEDOUX, J. (1994): «Emotion, Memory and the Brain», *Scientific American*, 270, 6, 50-57.
11. CASHMORE, E. (2002): *Sport psychology: the key concepts*. Londres, Routledge.
12. JACOBS, W.J. y Nadel, L. (1985): «Stress induced recovery of fears and phobias», *Psychological Review*, 92, 4, 512-531.
13. PETERSON, C., MAIER, S., SELIGMAN, M. (1993): *Learned helplessness*, Nueva York, Oxford University Press.
14. JENSEN, E. (1008): *Cerebro y aprendizaje*, Madrid, Narcea.
15. MAIER, S. F. y WATKINS, L. R. (2005): « Stressor controllability and learned helplessness : the roles of the dorsal raphe nucleus, serotonin and corticotropin-releasing factor», 29, 829-841.
16. GREENWOOD, B. N. y FLESHER, M. F. (2008): «Exercise, learned helplessness and the stress-resistant brain», *Neuromol Med*, 10, 81-98.

CAPÍTULO 8

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Tanto el razonamiento como la resolución de problemas están asociados principalmente al lóbulo frontal, en su parte más anterior (área prefrontal). El área prefrontal se sitúa en la parte más anterior del cerebro inmediatamente por delante de las áreas promotoras; es el área cortical que recibe más proyecciones del núcleo dorsomediano del tálamo. Esta área se diferencia histológicamente por la gran cantidad de células granulares de tipo Golgi II (aquellas neuronas de axón corto o interneuronas) y por la escasez de células piramidales, lo que le confiere una gran capacidad para todo tipo de funciones asociativas, estaría configurada por las siguientes áreas de Brodmann: parte de la 8, 9, 10, 11, 12, 13, 46, 47, 32, y parte de la 24 (véase figura 8.1).

Esta parte más anterior del córtex prefrontal está implicada, mediante sus múltiples conexiones córtico-corticales y córtico-subcorticales, en la mayoría de las funciones más complejas del ser humano, que van desde el campo afectivo-emotivo y ético-moral hasta la esfera más compleja del ser humano como es la ló-

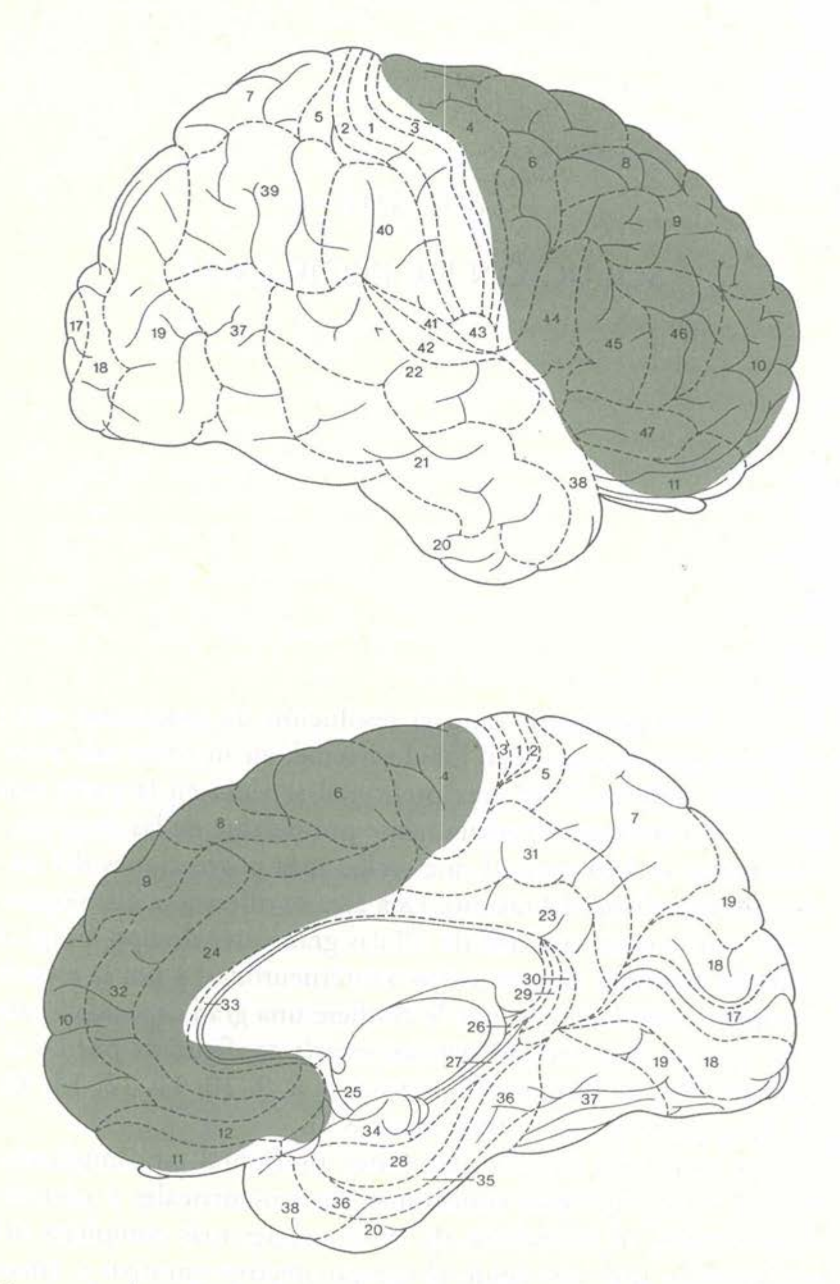


Figura 8.1. Áreas de Brodmann implicadas en el córtex frontal.

gica, el razonamiento, la conciencia o la creatividad, pasando por diferentes procesos cognitivos, tales como atención, memoria, aprendizaje o lenguaje hasta llegar a los procesos más complejos como pueden ser la capacidad de futurización, creatividad, eticidad, conciencia, temporoespacialidad, etc. En otras palabras, estas áreas, llevarían a cabo el control y la integración entre lo racional, lo instintivo, lo afectivo y lo motivacional de la conducta humana.

La multiplicidad de relaciones de esta área con otras partes cerebrales hace que esté implicada en múltiples funciones neuropsicológicas que van desde funciones de la esfera afectivo-emotiva-motivacional, pasando por funciones cognitivas propiamente dichas, percepción, memoria, aprendizaje, etc., hasta llegar a procesos más complejos como pueden ser la capacidad de futurización, creatividad, eticidad, conciencia, temporoespacialidad, y sobre todo la solución de problemas (véase figura 8.2).

Las múltiples relaciones del área dorsolateral le confieren también múltiples funciones neuropsicológicas que van desde los aspectos más cognitivos como la memoria inmediata o el aprendizaje asociativo, pasando por trastornos en la orientación espacial y del esquema corporal hasta llegar a deterioros en la inhibición de las respuestas con comportamientos inflexibles, perseverantes, para acabar con trastornos en la organización temporal del comportamiento. Los pacientes con lesiones en estas áreas tienden a perder la memoria para la ordenación de acontecimientos, de hechos recientes, la capacidad para organizar la figura humana en el test de Semmens, etcétera.

El área orbitaria con sus relaciones con el sistema límbico se encarga de organizar y dirigir nuestro mundo socioafectivo y emocional. Es un área directamente relacionada con el mundo social y de relaciones humanas. Lesiones en esta área conllevan alteraciones de la personalidad, de la afectividad, etc.

Entendemos por habilidad para resolver problemas aquella capacidad cognitiva necesaria para modular o controlar los diferentes estímulos novedosos que llegan al cerebro, proporcionando significado para conseguir una respuesta unitaria al problema y

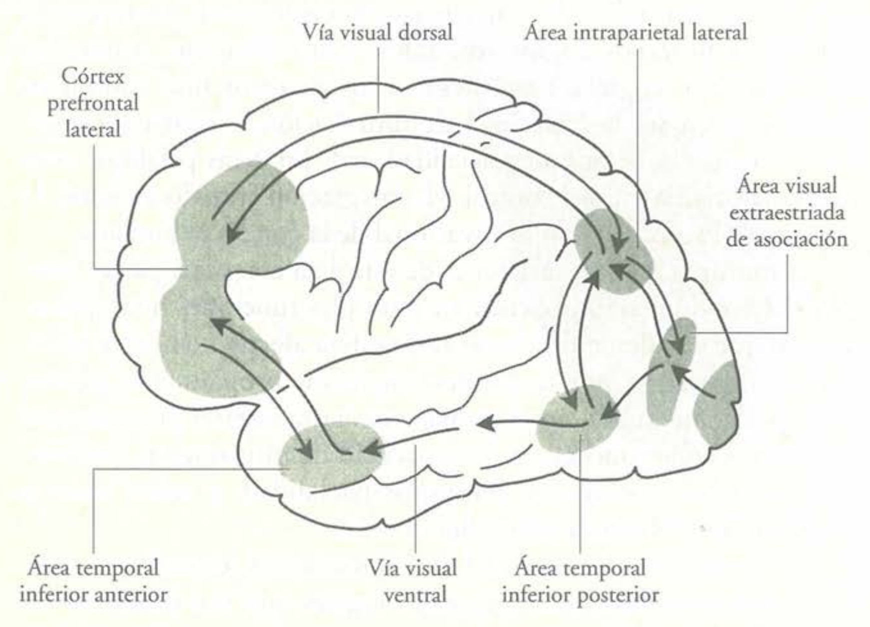


Figura 8.2. Conexiones córtico-corticales más importantes del córtex prefrontal implicadas en la solución de problemas.

adaptada al medio; esto exige por parte del cerebro integrar patrones neurofuncionales establecidos con nuevos patrones que deben ser integrados en una respuesta cerebral unitaria.

La habilidad para resolver problemas requiere de la modulación y del control de las más fundamentales rutinas cognitivas, aunque dicha habilidad comience con un planteamiento novedoso y no habitual en la conducta diaria, que requiera poner en marcha habilidades cognitivas específicas. Para McCarthy y Warington (1), la capacidad de resolución de problemas se compone de las siguientes capacidades: Atención (focal, sostenida, selectiva), formación de conceptos abstractos, formulación de estrategias (generación de estrategias simples, anticipación) flexibilidad y evaluación de la respuesta, más recientemente todos estos procesos se han dado en llamar «funciones ejecutivas».

La capacidad de resolver problemas nos permite poder llevar a cabo funciones ejecutivas, que no son otra cosa que funciones cognitivas generales que controlan y regulan la conducta organizada. Básicamente, coordinan la ejecución de capacidades cognitivas específicas tales como atención, memoria o lenguaje. Pueden interactuar con ciertas características de la personalidad, pero son completamente diferentes. Las personas con problemas en sus funciones ejecutivas pueden tener dificultades con actividades tales como realizar planes de forma independiente y exitosa, relacionarse apropiadamente con otras personas o controlar las emociones.

El córtex prefrontal se activa cuando uno tiene que resolver problemas con muchas relaciones que tiene que activarse simultáneamente (2) y cuando existe un incremento de la complejidad en la solución de problemas activa principalmente el córtex prefrontal anterior izquierdo, pero cuando se añaden distractores a la tarea a resolver se incrementa la actividad además en el lóbulo parietal (3).

Las alteraciones más severas en la capacidad de resolución de problemas se muestran tras lesiones sufridas en áreas dorsolaterales más que en áreas orbitales, en el test de las cartas de Wisconsin los pacientes con daños en áreas dorsolaterales izquierdas cometían mayor número de perseveraciones y realizaron un menor número de categorías. Lesiones en áreas dorsolaterales superiores se relacionaron con perseveraciones en el test de las cartas de Wisconsin o con la incapacidad de seguir las reglas, mientras lesiones en áreas dorsolaterales inferiores se relacionan con bajas ejecuciones en el test de fluidez verbal.

Clínicamente, es aceptado el papel crítico que el córtex prefrontal juega en el control emocional y conducta psicosocial así como en la regulación de las funciones ejecutivas. Los tipos de deterioro atribuidos a la lesión del córtex prefrontal incluyen una mezcla de déficits y cambios conductuales y emocionales, así como problemas cognitivos, específicamente la disminución de las funciones ejecutivas. Los problemas más comunes en el campo

psicoemocional incluyen apatía, desinhibición, afecto aplanado, a los que hay que añadir desórdenes de la conciencia y espontaneidad reducida.

Parece ser que el córtex prefrontal es responsable de la coordinación de aquellas actividades envueltas en el procesamiento cognitivo, pero no necesariamente de las funciones cognitivas elementales, lo que podría llevar a su implicación en procesos de atención, memoria, motivación, control de la propia persona, tan importantes para las funciones ejecutivas (4). Se ha examinado el papel que juegan en el procesamiento visual, y parece ser que no tienen una función principal, pero pueden afectar a conductas que requieran información visual. Así, si una tarea requiere una relación y un conocimiento del espacio, el córtex prefrontal puede no ser relevante; en cambio, si una tarea abarca la selección de información, iniciación, planificación, flexibilidad, control y otras funciones ejecutivas, el córtex prefrontal puede ser importante.

En definitiva, gran parte de la implicación del córtex prefrontal en procesos cognitivos puede ser entendida a través del examen de las funciones ejecutivas. Éstas, a diferencia de la memoria o el procesamiento visual, no representan un proceso discreto, sino que operan como una función que entra en juego con todos los campos del procesamiento cognitivo. Por lo tanto, cuando las funciones ejecutivas están alteradas el resto de los sistemas cognitivos pueden estar también alterados.

Luria (5) describe cómo las funciones ejecutivas se relacionan con la habilidad para solucionar problemas. Investigó un número de pacientes con lesión en el córtex prefrontal y notó que la mayoría eran incapaces de analizar sistemáticamente las condiciones de un problema y de seleccionar las relaciones importantes. El sistema de operaciones que normalmente lleva a la solución de un problema aparecía desintegrado. Era típico de estos pacientes la ausencia de un plan para la solución del problema, la omisión de la fase de investigación previa de las condiciones y contenidos del problema y un cambio de las operaciones intelectuales idóneas

por otras que no mantenían relación, conductas todas ellas impulsivas.

El caso de un hombre de negocios de 30 años de edad que sufrió una lesión bifrontal en un accidente de moto aporta una ilustración sobre la importancia de las funciones ejecutivas intactas para realizar con éxito las operaciones diarias. La mujer del paciente notó que su marido podía realizar exitosamente operaciones de un solo paso pero no era capaz de planificar, secuenciar y controlar actividades de varios pasos. Este paciente podía preparar un ítem, tal como una ensalada, pero era incapaz de planear y cocinar una comida completa o hacer actividades de varios ítems, tal como la colada (que solía hacer antes del accidente).

Las funciones ejecutivas están compuestas por varios elementos o actividades, tales como anticipación, selección de una meta, planificación, iniciación y ejecución de la actividad, reconocimiento y regulación de la propia ejecución y uso de *feedback*. Sin embargo, esta forma atómica de entender un proceso tan complejo viene acompañada de variables intermedias que dificultan comprender dicho proceso en profundidad.

En este proceso tan complejo tiene una enorme importancia el «significado» que sería el hilo de conexión de todos los procesos anteriormente descritos y que llevaría a la toma de decisión, es más, cuando algo tiene significado tiene correlaciones biológicas importantes, pero, según el significado que le demos a un proceso, se activa más un área que otra. Por ejemplo, cuando encontramos leyendo algo que tiene sentido para nosotros se activa más el córtex prefrontal izquierda pero si el significado es espiritual se activa más el lóbulo parietal derecho.

A medida que avanzamos en la ejecución de funciones complejas la resolución de problemas comporta las relaciones cerebrales más complejas, se necesita una mayor integración, organización y armonía de todo nuestro organismo, atendiendo a Damàsio (6) que considera el cuerpo en toda su extensión como la base de referencia de nuestra mente, de tal forma que nuestro estado corporal, nuestras emociones e incluso nuestros sentimientos son los

que van a guiar nuestro razonamiento y nuestra toma de decisiones. En este sentido, la educación por parte de padres y profesores que repose sobre un buen equilibrio entre emociones, sentimientos y razonamiento será clave para un mejor aprendizaje escolar; por lo tanto, conseguir una buena educación en sentimientos y emociones resulta fundamental; en este sentido, el control sobre los programas de televisión, de los juegos, de las relaciones sociales serán determinantes para lograr dicho equilibrio. Si como dice Imbriano (7) el sentimiento es la impresión afectiva del pensamiento, es decir, la vivencia neocorticalizada, individualizada y subjetivada temporalmente en forma específica, de acuerdo con la capacidad intelectual de la persona, la educación de los sentimientos será básica en la solución de problemas, sobre todo en niños en edades de preadolescencia y adolescencia.

Por otro lado sucede que son las emociones las activan los procesos de toma de decisión, si no fuera por ellas tardaríamos mucho más tiempo en adoptar una decisión, imaginemos que tuviéramos que tomar decisiones sobre la base únicamente de la lógica, el proceso hasta llegar a una conclusión que nos permitiera una decisión sería eterno. Las emociones van a favorecer los procesos de atención, de recuerdo, el significado y en última instancia la toma de decisiones, ello explica que la acción sea mucho más rápida que en situaciones complejas gestionadas mediante pura lógica.

Por último, la relevancia de las cosas también va a intervenir en el proceso de toma de decisiones. Así, en una clase puede suceder que determinado alumno aprenda mucho más por la relevancia que el contenido tiene para él que otro para el cual lo que se está explicando carece de significado alguno. En estos casos, las motivaciones intrínsecas son buenas para favorecer la relevancia en las enseñanzas, aunque no se debe olvidar que demasiada novedad puede generar el mismo aburrimiento que su ausencia.

Sin embargo, no tenemos acceso a una valoración del proceso emocional cambiante en el tiempo, que exige la conducta diaria, es decir, no podemos valorar las diferencias encontradas antes y después de la lectura de este texto; tampoco podemos acceder a la

individualidad de uno mismo, a lo que es y le diferencia de los demás y que ambas situaciones modifican nuestra capacidad para resolver problemas, desde el planteamiento hasta la propia ejecución pero sí que sabemos que el estado emocional activa, modifica, cambia y hace más rápida la toma de decisiones y esto resulta capital para cualquier niño que tenga que llevar a cabo un aprendizaje durante varias horas al día, con diferentes profesores, situaciones diversas y, a veces, horarios distintos. Cultivar y educar las emociones, los sentimientos, y enseñar a un niño a decidir bien y rápidamente en la clase es básico para obtener buenos rendimientos escolares, sociales y para preparar adecuadamente su futuro profesional.

El córtex prefrontal es la responsable de la organización del complejo conjunto de habilidades necesarias para resolver los problemas, son como el director de una orquesta que es capaz de dirigir muchas piezas musicales con un mismo sistema de dirección, con apenas cambios espectaculares, mientras que cada una de las piezas musicales requiera diferentes instrumentos para realizarlas. Para poder resolver un problema el córtex prefrontal por un lado tiene que organizar el proceso global para tener conciencia de todos los pormenores del mismo, esto lo lleva a cabo mediante la actividad de la parte más anterior del córtex prefrontal, y por otro tiene que planear y coordinar los movimientos responsables de la ejecución del problema y esto lo lleva a cabo mediante áreas más dorsolaterales.

Esta capacidad para organizar globalmente el problema y darle una solución ejecutiva va a generar una gran cantidad de recuerdos que generan modelos similares de actuación a lo largo de nuestra vida, en otras palabras entiendo que el córtex prefrontal es el vehículo mediante el cual somos capaces de utilizar el conocimiento como guía de nuestra conducta y sobre todo de ponernos en la mente de los demás. Esta última aseveración genera una dualidad que todavía no está resuelta y es si el córtex prefrontal se encarga solamente de organizar una conducta como respuesta a un problema o además son los responsables del conocimiento ne-

cesario para saber la utilidad de dichos conocimientos en nuestra propia conducta, estamos pasando de entender el córtex prefrontal como simple depositaria de los conocimientos más complejos del ser humano a ser decisorios en la utilidad propia de una u otra conducta. Esta concepción daría al córtex prefrontal una mayor capacidad en la dirección de nuestra conducta moral, ética o social además de solución de problemas, cognitiva o de toma de decisión y, sobre todo, estarían sujetos a un proceso de maduración mucho más lenta que otras áreas cerebrales; algunos autores consideran que la maduración total del córtex prefrontal no llega hasta los 30 años y depende mucho de las experiencias asimiladas con anterioridad.

Otra de las funciones propia y exclusiva del ser humano como es la teoría de la mente, que es la capacidad de inferir sobre los demás o ponerse en la mente de otros, conlleva una gran complejidad de interacciones sociales ha sido asociada con el córtex prefrontal aunque estudios con pacientes que presentan lesiones bilaterales orbitofrontales y dorsolaterales prefrontales no han conseguido validar la teoría de la mente a nivel prefrontal solamente se ha visto alterada la memoria de trabajo en este tipo de pacientes (8).

Probablemente estas funciones tan complejas del ser humano, como es el razonamiento, la resolución de problemas, el ponerse en la mente de los demás, la cognición preceptiva (capacidad de utilizar nuestros conocimientos como guía de nuestra propia conducta) además de la cognición descriptiva necesaria para la toma de decisiones, permanezcan durante mucho tiempo ocultas al análisis científico llevado a cabo por el conjunto de investigaciones de la Neurociencia, hasta ahora conocemos algunas de las áreas cerebrales que participan en este proceso tan complejo del ser humano pero no sabemos todavía cómo se lleva a cabo; sin embargo, sabemos que si un niño se encuentra en un ambiente física, intelectual, cultural y emocionalmente adecuado, la motivación será más efectiva y la capacidad de elaboración y resolución de problemas será mucha más rápida, eficiente y precisa.

Aplicaciones en el campo de la educación

El entrenamiento en la solución de problemas y en la maduración del córtex prefrontal se podría llevar a cabo, tanto en la escuela como en la propia casa mediante la exposición del niño a muchas situaciones sociales en las cuales tenga que dar una respuesta adecuada a cada situación y mediante la estimulación de problemas verbales, espaciales, sociales, de comprensión verbal en los que tenga que llevar a cabo una elaboración de un proceso mental antes de dar la respuesta.

Es muy importante en la maduración del córtex prefrontal tener en cuenta los conocimientos sobre la comprensión y ejecución verbales de palabras y frases complejas así como de contenidos lingüísticos donde los procesos gramaticales y sintácticos sean diferentes a los aprendidos en el colegio; se trata de evitar contenidos aprendidos memorísticamente sin el conocimiento intermedio de los procesos de análisis, asociación, interpretación y organización del lenguaje, propios de la maduración del córtex prefrontal; en este sentido, la estimulación de todos los procesos implicados en la comprensión y ejecución del lenguaje serán de suma importancia en la maduración de esta área prefrontal.

Creo que la maduración del córtex prefrontal puede verse facilitada también si se consigue que el niño sea capaz de preguntar mucho y procurar que dé soluciones a diferentes problemas de la vida diaria. Los padres tienen que motivar a los niños a realizar diferentes procesos en la solución de problemas de la vida diaria, académica, familiar o social; no podemos olvidar que lo que más desarrolla un cerebro es la elaboración de nuevos procesos para la solución de problemas, más que de rutinas diarias en la solución de los mismos. Hay que fomentar los problemas de gran complejidad para que los procesos de análisis y toma de decisión sean cada vez más complicados con el fin de favorecer un mayor desarrollo neuronal. Si conseguimos que los niños lleven a cabo muchos procesos distintos para solucionar problemas conseguiremos

un mayor desarrollo neuronal y mayor número de conexiones sinápticas en áreas prefrontales.

Otro grupo de actividades que deberían potenciarse son las que exigen al niño centrar su atención y aumentar su capacidad de memoria de trabajo —esa memoria que necesitamos mientras realizamos un proceso cognitivo— y, sobre todo, aquellas que requieren una gran flexibilidad mental, es decir, la capacidad para poder cambiar de un proceso cognitivo a otro sin merma de ninguno de los dos y en el menor tiempo posible.

Dos aspectos diferenciales en la educación de los niños serían, por un lado, fomentar más la resolución de problemas vinculados con el hemisferio derecho (más intuitivo, novedoso, menos normativo) que los relacionados con el izquierdo (más racional, secuencia, repetitivo) y por otro fomentar la cognición preceptiva más que la descriptiva, es decir desarrollar destrezas de comparación, agrupación, contraste, reflexión semántica de cómo se ha producido el proceso más que de la elaboración descriptiva de los detalles del mismo, saber utilizar el conocimiento como guía o mejora de las conductas propias tanto a nivel individual como social y/o profesional más que utilizarlo como acumulación de datos.

Referencias bibliográficas

1. McCarthy, R. A. y Warrington, E. K. (1990): *Cognitive Neuropsychology. A clinical introduction*, Nueva York, Academic Press.
2. Christoff, K., Prabhakaran, V., Dorfman, J., Zhao, Z., Kroger, J. K., Holyoak, K. J., Gabrieli, J. D. (2001): «Rostrolateral prefrontal cortex involvement in relational integration during reasoning», *Neuroimage*, noviembre, 14(5): 1136-1149.
3. Kroger, J. K., Sabb, F. W., Fales, C. L., Bookheimer, S. Y., Cohen, M. S., Holyoak, K. J. (2002): «Recruitment of anterior dorsolateral prefrontal cortex in human reasoning: a parametric study of relational complexity», *Cereb Cortex*, mayo, 12(5): 477-485.

4. STUSS, D. T. y BENSON, D. (1986): *The frontal lobes*, Nueva York, Raven.
5. LURIA, A. (1977): *El cerebro en acción*, Barcelona, Fonanella.
6. DAMÀSIO, A. (1996): *El error de Descartes*, Barcelona, Crítica.
7. IMBRIANO, A. E. (1983): *El córtex prefrontal y el comportamiento humano*, Barcelona, Editorial JIMS.
8. STONE, V. E., BARON-COHEN, S., KNIGHT, R. T. (1998): «Frontal lobe contributions to theory of mind», *J Cogn Neurosci*, septiembre, 10(5): 640-656.

CAPÍTULO 9

FUNCIONES MOTRICES

La corteza frontal es la responsable de la ejecución y planificación del movimiento, es más, pacientes con lesiones en la corteza motora son capaces de concebir movimientos, aunque no puedan realizarlos. La corteza motora secundaria recibe los *inputs* de las áreas asociativas, que son las encargadas de percibir el espacio y la información ambiental, auditiva, visual y táctil, adquirida previamente y memorizada a lo largo del tiempo, y elabora los planes motrices que después enviará a la corteza frontal motora primaria para que puedan ser ejecutados. El córtex prefrontal podría dividirse en tres zonas histológica, anatómica y funcionalmente bien diferenciadas y definidas:

El área motora primaria se sitúa en la circunvolución frontal ascendente, ocupa el área 4 de Brodmann y se caracteriza por ausencia de células granulares y por la presencia de células piramidales. Recibe aferencias principalmente del tálamo, cerebelo y pálido mientras que sus eferencias van al tronco del encéfalo y a la médula espinal. Su actividad principal se relaciona con la ejecu-

ción de cualquier conducta motriz. A su vez esta área motora puede dividirse en área motora primaria propiamente dicha y área motora secundaria. La primera está relacionada con la musculatura voluntaria y mediante sus proyecciones córtico-subcórtico-mesencefálico-espinales está implicada en los movimientos de cualquier conducta humana. En esta área, pues, podríamos encontrar la representación somatotópica del esquema corporal motor humano, tanto es así que diferentes lesiones en la misma, además de originar una patología neurológica importante, como parálisis, disminución de los reflejos, hipotonia, pérdida de movimientos distales, incapacidad severa de movimientos voluntarios, etc., en determinadas funciones superiores se ha comprobado la aparición, por un lado, de una incapacidad para realizar movimientos finos e independientes de los dedos y por otro de pérdida de la velocidad y potencia de los movimientos de manos y extremidades. El área motora secundaria está situada en el pliegue de paso de las circunvoluciones precentral y poscentral tiene una función desconocida en la neuropsicología, pero se ha comprobado que puede producir tanto sensaciones como respuestas motoras.

El área promotora o suplementaria se sitúa por delante del área motora prolongándose hasta la cara interna del hemisferio donde constituye el área suplementaria, ocupa las áreas 6, 8, 44 y 45 de Brodmann e histológicamente es heterotípica, agranular y con células piramidales grandes. Está íntimamente relacionada con organización y secuenciación de las conductas motrices. Sus conexiones más importantes por lo tanto están relacionadas con todo el sistema extrapiramidal; recibe aferencias del núcleo dorsomediano del tálamo y proyecta sus fibras hacia áreas diencefálicas, mesencefálicas, límbicas, neocorticales y subcorticales estriadas. Situada en la superficie medial del giro frontal superior y ubicada rostralmente al lóbulo precentral está íntimamente relacionada con los movimientos de naturaleza tónica y postural, así como con movimientos finos de los dedos, mediante las vías corticoespinales y corticorreticuloespinales. Las lesiones en esta área pueden producir hipertonía, resistencia aumentada de los movimientos pasivos

de las extremidades y lentitud de movimientos. En funciones más superiores y conductas motoras más complejas se ha comprobado que lesiones en esta área conllevan desorganizacion de casi todos los movimientos voluntarios, disminución de la velocidad de los dedos cuando realizan determinado comportamiento motor complejo, como por ejemplo tocar el piano o mecanografiar y por último también se ha comprobado una incapacidad de los movimientos alternantes rápidos de las manos.

Las praxias están íntimamente relacionadas con esta área puesto que se dedica a la programación y secuenciación de los movimientos implicados en las funciones motrices. Esta área tiene una relación directa con las diferentes funciones visuomotoras, de hecho, lesiones en estas áreas conllevan dificultades en el control y movimiento conjugado de los ojos, de la cabeza, de la torsión del tronco y de la extensión en general. Por último, en la realización de diferentes acciones de búsqueda de objetos se ha comprobado deficiencias en la mirada voluntaria.

Diversos autores consideran la participacion de las áreas 6 y 8 frontales, las áreas 1, 2, 3, 5 y 7 parietales y el cerebelo como la parte cortical del sistema extrapiramidal, además de los ganglios basales, caudado, putamen, pálido, que en sus conexiones con núcleos situados en el tálamo, con el núcleo rojo y la sustancia negra así como con la formación reticular troncoencefálica, contribuyen a mejorar la dinámica, inhibiendo o excitando, dificultado o facilitando, controlando la velocidad, de los movimientos piramidales con su acción directa sobre los sistemas corticoespinales, rubroespinales y ventromediales. Por último, el cerebelo también contribuiría a esta mejora en la dinámica piramidal controlando, precisando, tonificando, suavizando, integrando y adaptando los movimientos al medio ambiente, además de su participación en el equilibrio y la postura.

El sistema motor es uno de los sistemas que más ha evolucionado en el ser humano de tal forma que podríamos decir que gran parte de la actividad de nuestro cerebro está dirigida a desarrollar y potenciar el sistema motor. Esta evolución del sistema

motor ha hecho que éste pueda dividirse en diferentes subsistemas perfectamente organizados que pueden controlar de forma diferencial los movimientos de nuestro cuerpo. En el mismo sentido de lo expuesto anteriormente la capa 5 podría considerarse como la puerta de salida de la información analizada por el córtex. Células piramidales, eferentes, capas 2, 3 y 5 (las de la capa 5 son las más grandes y se proyectan al tronco y la médula).

El sistema motor consta básicamente de dos tipos de estructuras diferenciadas, la sustancia gris que integra los núcleos y estructuras implicadas en el sistema motor, tales como la corteza, los ganglios basales, el cerebelo, el tálamo, el tronco del encéfalo y la médula espinal, y la sustancia blanca que integra los sistemas de conexión entre estos núcleos y estructuras, tales como el sistema córtico-espinal, el sistema córticobulbar, el sistema córtico rubral, córtico-estriados, nigroestriado, rubroespinal, etcétera.

Dejando de lado todo el sistema de reflejos y centrándonos en el control del movimiento necesario para poder desarrollar la comunicación humana, básicamente podríamos hablar de tres grandes subsistemas motores, cuya organización jerárquica y en paralelo permite llevar a cabo un control sobre los movimientos, uno dedicado al control de los movimientos del cuerpo, otro al de las extremidades y por último otro a los movimientos independientes de nuestros dedos.

Hoy en día tenemos suficiente evidencia para demostrar que el control voluntario de los músculos distales de los dedos viene determinado por la acción de la corteza motora en combinación con el fascículo corticoespinal, mientras que el núcleo rojo y la formación reticular, juntamente con los fascículos rubroespinal y reticuloespinales se ocupan de los movimientos de los hombros, codos y muñecas. El sistema vestibular, la formación reticular medial y las vías mediales que descienden bilateralmente a través del tronco del encéfalo serían las encargadas del control de los músculos axiales y de la postura. Por último, los ganglios basales y el cerebelo tendrían una función de control, organización y regulación de dichos movimientos voluntarios.

La corteza parietal tiene una gran responsabilidad en las funciones motoras. La participación de la corteza parietal en actividades visuomotrices, y en los movimientos oculares han sido comprobadas por diferentes investigaciones, de tal forma que puede afirmarse que las neuronas parietales no solamente reciben *inputs* sensibles sino también motores. Dadas las características funcionales de este lóbulo podríamos considerar la corteza parietal posterior como un centro de asociación motor. No obstante lo anterior, se ha sugerido que el área parietal no contiene la totalidad de la maquinaria para ejecutar órdenes, quizás sea responsable solamente de un estadio anterior en la evolución del movimiento, que probablemente sería la dirección de la atención hacia un objeto determinado, en este sentido el área parietal tendría como función primordial la dirección precisa de la atención a determinado estímulo.

Las conexiones de los ganglios basales con las áreas frontales, parietales occipitales y temporales, hacen de estos núcleos un elemento imprescindible en cualquier tipo de movimiento voluntario mientras que en su relación con núcleos mesencefálicos y troncoencefálicos participará en los procesos motores automáticos, posturales y locomotores. Su intervención en el inicio de los movimientos, la velocidad y precisión son algunas de las funciones motoras en las que participan, asimismo, los ganglios basales. También hay que destacar su implicación en el tono, movimientos involuntarios (temblor, movimientos espontáneos, coreicos, atetosicos o balísticos) y postura completaría la acción de los ganglios basales en las funciones motrices. Diferentes autores atribuyen también una participación importante de los ganglios basales en la selección, activación y generación de programas motores específicos. Otros autores, en cambio, han considerado a los ganglios basales como parte interviniente en determinados procesos cognitivos motores, tales como la capacidad de memoria y copia de determinados patrones motores, el aumento de errores por sus lesiones, selección de determinados programas de movimientos correctos, etcétera.

El cerebelo es uno de los elementos imprescindibles dentro del sistema motor si queremos llevar a cabo movimientos armoniosos, precisos y bien adaptados a la dinámica ambiental, lo que vendría a demostrar la importancia del mismo en todo tipo de habilidades motrices, incluyendo los aspectos memorísticos de tales habilidades. Cabría decir que el cerebelo participa en la trayectoria, precisión y adecuación de un movimiento al objetivo deseado, debido entre otras razones a sus conexiones con la corteza frontal y las áreas parietales posteriores y occipitales anteriores. También tiene una enorme importancia en el control, adecuación, direccionalidad, ajuste y fijación de la mirada, adaptando las señales vestibulares, oculomotoras y visuales, al objeto en cuestión. Por último, diferentes autores han concedido importancia a la acción cerebelosa en la integración de diferentes secuencias sucesivas de los movimientos, de tal forma que es capaz de desarrollar patrones motores anteriores al siguiente movimiento, lo que facilitaría enormemente la automatización y velocidad de movimientos complejos que exijan una secuencia fija y determinada.

El sistema piramidal es el encargado de la ejecución inmediata de los movimientos; diversos autores consideran que el sistema piramidal consta de un 40% de axones que provienen del córtex motor frontal, un 20% del córtex somestésico parietal y el resto de otras regiones del cerebro. La corteza motora en coordinación con el sistema extrapiramidal controla los movimientos del cuerpo mediante las siguientes vías piramidales:

Vías corticoespinales, constituidas por los axones de neuronas corticales de las áreas motoras primarias frontales, así como de áreas parietales y temporales posteriores que terminan en la sustancia gris medular, tienen la función de mover grupos musculares perteneciente a los dedos manos y brazos, mediante el fascículo corticoespinal lateral y el movimiento de grupos musculares pertenecientes al tronco y parte superior de las piernas, mediante el fascículo corticoespinal ventral.

Vías corticobulbares, constituidas por los axones de neuronas corticales de las áreas motoras primarias frontales, así como de áreas parietales y temporales posteriores que terminan en el bulbo raquídeo en los núcleos motores de los pares craneales III (oculomotor), IV (troclear) encargados de los movimientos oculares de arriba y abajo, V (trigémino) encargado de los movimientos masticatorios, VI (abductor) encargados de los movimientos oculares laterales VII (facial) encargados de los movimientos faciales, IX (glosofaríngeo) y X (vago) encargados de los movimientos de lengua y faringe, y XII (hipogloso), cuya función es la movilidad de grupos musculares de la lengua.

Vías ventromediales, constituidas por los axones de neuronas localizadas en el tronco cerebral y que terminan en la sustancia gris de la médula espinal. La incidencia de la corteza motora frontal sobre estas vías se lleva a cabo de forma indirecta. El control sobre los movimientos de tronco y piernas lo llevan a cabo mediante el fascículo vestibuloespinal, los movimientos de cuello y tronco los ejecutan a través del fascículo tectoespinal, los músculos flexores de las piernas se realizan mediante el fascículo reticuloespinal lateral, mientras que el fascículo reticuloespinal medial lleva a cabo la acción en los músculos extensores de las piernas.

Fascículo rubroespinal, constituido por los axones de neuronas localizadas en el núcleo rojo y que terminan en la sustancia gris de la médula espinal, tienen la función de movilizar las manos, antebrazos, pies y la parte inferior de las piernas.

El estudio de los movimientos complejos voluntarios es un campo que actualmente está siendo investigado desde la perspectiva de los correlatos neurofuncionales subyacentes al control, organización y ejecución de los mismos, sin embargo su estudio neuropsicológico se remonta a finales del siglo XIX con los estudios de Jackson (1) sobre la organización cerebral del proceso neuromotor en pacientes epilépticos.

Estudios llevados a cabo en pacientes con lesiones bilaterales demostraron un enlentecimiento en el movimiento unimanual mientras que lesiones en el área suplementaria de ambos lóbulos frontales demostraron déficits específicos en la coordinación bimanual de los movimientos. De Renzi y cols. (2) encontraron que pacientes con el lóbulo parietal izquierdo lesionado tenían grandes dificultades para organizar la posición de los dedos de la mano pero presentaban mayores dificultades aún en la secuenciación de movimientos de los dedos de la mano cuando tenían el córtex prefrontal y parietales afectados por la lesión; no obstante, la mayoría de estudios en este campo demuestra que este déficit neuropsicológico es más severo y más abundante con lesiones frontales.

A raíz de diferentes estudios neuropsicológicos clínicos sobre apraxias se sugiere que los procesos memorísticos de la conducta motriz podrían subdividirse en dos: concepto de la acción e imágenes kinéticas de la acción. Este enfoque estaría en consonancia con el enfoque que los neuropsicólogos cognitivos dan a la conducta motriz, enfocando dicha conducta en términos de modularidad (3). Dicho enfoque metodológico atiende la conducta motriz como una conducta compleja que comprende diferentes tipos de movimientos y de acciones específicos y concretas que participan en mayor o menor grado de una conducta motriz compleja, tales como movimientos individuales repetitivos en términos de movimientos unimanuales o bimanuales, movimientos de imitación y secuencias de acción mediante la posición de las manos y ha contribuido a establecer las bases neuroanatómicas de la conducta motriz.

En general, la conducta motriz tiende a producir el máximo efecto en el menor tiempo posible, este proceso exige una serie de procesos de preparación, programación, anticipación, control, etc., que van a estar en constante dinámica y modificación con el medio ambiente. Estos procesos han pasado de ser considerados como operaciones jerárquicamente organizadas a estar integrados dinámicamente y en un continuo proceso de integración cortical.

El estudio de los errores como proceso motriz integrado dentro de la conducta motriz también está siendo considerado actualmente y sus resultados contribuyen a esclarecer todavía más las bases neuronales del comportamiento motor (4).

Otro grupo importante de estudios que han contribuido a esclarecer las bases neurofuncionales de la conducta motriz está formado por trabajos orientados a investigar la habilidad para realizar diferentes tipos de gestos, posturas o pantomimas familiares así como la capacidad para llevar a cabo diferentes conductas motrices que exijan el uso de objetos.

Los resultados neurofuncionales nos llevan a entender que las áreas suplementarias motoras bilaterales tendrían una relación específica con este tipo de conducta motriz. Diferentes estudios plantean un proceso neurofuncional asimétrico, con predominio del hemisferio izquierdo en el control motor, sin embargo cuando los movimientos están implicados espacialmente, bien por su ejecución, bien por su localización, es el hemisferio derecho el que mayor control manifiesta.

Los estudios neuropsicológicos mediante tests construccionales demuestran que tanto los errores como los déficits en la realización de este tipo de pruebas están asociados, de forma diferencial, en base a la asimetría de la lesión dando lugar a dos componentes disociados, uno determinado por el hemisferio derecho y relacionado con las relaciones espaciales y el otro por el hemisferio izquierdo y vinculado con la organización de las acciones necesarias para llevar a cabo la ejecución de la tarea.

Estudios llevados a cabo mediante estimulación cortical sugieren que los diferentes músculos que mueven los diferentes dedos no se encuentran representados uno a uno somatotópicamente en el córtex motor, mientras que otro punto de vista sugiere que es el movimiento de los dedos el que se encuentra representado somatotópicamente en el córtex motor, pero no los músculos independientemente. Esto da lugar a controversias de cómo se producen los movimientos individuales por lo que diferentes modelos de control de los dedos han sido propuestos para justificar el proceso

mecánico de independencia de los dedos o el mecanismo de movimientos conjuntos de los mismos.

Inmediatamente por delante de la corteza motora a la altura media de la circunvolución frontal ascendente existe una amplia área que está asociada con las destrezas y habilidades manuales mientras que el lóbulo parietal, y principalmente el área 7, se encargaría de la organización de dichos movimientos en el espacio. Siguiendo con estructuras cerebrales implicadas en la conducta motriz, los ganglios basales participan en la iniciación del movimiento mientras que el cerebelo participa en controlar y ajustar las actividades motrices desencadenadas por otras partes corticales del cerebro.

Recientes trabajos de investigación llegan a la conclusión de que los ganglios basales están implicados en los procesos cognitivos y en el control del movimiento especialmente en la motivación para la acción y en la memoria motriz. Este hecho es deudor de la nueva concepción de la arquitectura funcional de dichos ganglios que pasa de entenderse en términos de procesamiento serial a procesamiento paralelo, de modo que los ganglios basales se encuentran estructurados en diferentes circuitos con la corteza frontal (5).

Estudios con PET demuestran la existencia de múltiples áreas corticales, subcorticales, principalmente de los núcleos basales y del cerebelo, implicadas en el control del movimiento de los dedos, mientras que la activación del córtex cingulado se relaciona directamente con los niveles de atención requeridos por la tarea (6). Otros estudios han demostrado la importancia del cerebelo en la adquisición de procesos cognitivos, principalmente a través del núcleo dentado, que es desde donde el cerebelo envía la información al córtex cerebral responsable de los movimientos, la memoria, el lenguaje, la atención, la percepción espacial, la emoción, etc., es decir, se trata de áreas cerebrales responsables de los procesos básicos del aprendizaje escolar.

Los estudios con RMf demuestran la importancia no solamente de la implicación contralateral en movimientos complejos de

los dedos sino de la implicación bihemisférica en este tipo de función motriz, además de aportar datos que prueban la implicación de otras áreas no analizadas en los estudios neuropsicológicos clínicos tales como la participación del cerebelo en el control de los movimientos de los dedos y en otras funciones cognitivas (7).

En otro orden de cosas también se ha llevado a cabo estudios para valorar la importancia de los procesos mentales en la mejora del tono o la habilidad de la conducta motriz y en este sentido Ranganathan y su equipo (8) pidieron a un grupo de participantes que pensaran hacer un movimiento imaginario tan fuerte como pudiesen, mientras que otro grupo no hizo ningún ejercicio imaginario ni trabajó ninguna fuerza mental. En el apartado de los resultados se recoge que el grupo experimental aumentó la fuerza del músculo del dedo meñique un 35% y la fuerza del codo un 13,4%; además se observó un aumento en la activación del córtex prefrontal para mover esos músculos.

El ejercicio físico es básico para el aprendizaje y la adaptación general del niño al ambiente en el que se desarrolla, entre otras razones porque el ejercicio es un medio para practicar, poner en acción, entrenar, realizar, usar y/o mejorar nuestras actividades, es más, el ejercicio es una parte natural de la vida, por lo que deberíamos incluirlo conscientemente en nuestra rutina diaria (9).

El aprendizaje, el pensamiento, la creatividad y la inteligencia no son procesos propios del pensamiento únicamente, sino de todo el cuerpo por lo que ayudar a que cuerpo y mente se alíen en beneficio del rendimiento intelectual puede resultar una tarea muy positiva además de sencilla. La psicomotricidad se entiende como una práctica que favorece el desarrollo global de la persona a través del cuerpo y de su movimiento libre y espontáneo en sus interacciones físicas, simbólicas y cognitivas con el medio.

La práctica psicomotriz está pensada para que el niño sienta el placer de actuar y llegue al placer de pensar y de pensar más allá de la acción (10). Dentro de la disciplina han surgido distintas tendencias aunque actualmente predominan dos modelos de intervención: la psicomotricidad dirigida (basada en un enfoque

más tradicional que pone énfasis en el desarrollo global de la persona, así como en los aspectos motores y cognitivos) y la vivenciada (centrada en la actividad motriz espontánea). La educación psicomotriz favorece el desarrollo global del niño en sus aspectos motores, cognitivos y socioafectivos. Su ámbito de actuación es amplio y variado, trabajando en educación, reeducación y terapia, a lo largo de todas las etapas del desarrollo humano.

Integrar actividades y/o ejercicios motrices en las clases ayuda a que la escuela se convierta en un lugar de comunicación y creación, así como una fuente de conocimiento para el niño (11). El juego psicomotor empieza muy temprano, ya desde el primer año de vida el niño juega principalmente a juegos motores que simbolizan el proceso de separación del adulto. Cuando el niño avanza en seguridad, aparece la denominada explosión motora, con juegos tan variopintos como saltar, caerse, gritar, girar, etc., así como experimentar con el equilibrio y el desequilibrio, subiendo y bajando rampas. Todas estas actividades van ayudando a definir el esquema corporal y ayudando a los procesos de lateralización de las funciones.

Coincidiendo con el inicio del juego simbólico, surgen los juegos que necesitan una cierta precisión, aparece la necesidad de poner en marcha las competencias del cuerpo, con el fin de experimentar la propia capacidad para realizar esas acciones.

Con el juego psicomotor se trabaja:

- La percepción: visual, auditiva, táctil.
- El esquema corporal: estructura corporal, postura y equilibrio, respiración y relajación, lateralización de las funciones.
- El cuerpo en movimiento: coordinación dinámica, coordinación perceptiva, organización espacial y estructuración espacio-temporal, el ritmo.
- La expresión corporal.

La psicomotricidad y la psicocinética son dos disciplinas que introducen nuevos criterios de intervención a nivel motriz. Se tra-

ta de «activar» al niño a través de movimientos, sin importar tanto el movimiento en sí. Hacer ejercicios motores antes de iniciar cualquier tarea se puede derivar en una mejora de la predisposición física para la acción, pero también favoreciendo la predisposición psicológica con un aumento de la atención, la motivación y la concentración.

Realizar unos ejercicios antes de empezar una clase, permite al niño mejorar su rendimiento y optimizar la disposición psíquica al esfuerzo cognitivo que hará posteriormente. Estos ejercicios son similares a los que se realizan antes de proceder a la práctica de una actividad física determinada, es decir, a lo que en educación física se denomina «calentamiento» (12). Estos movimientos ayudarán a cumplir unas funciones que servirán para una mejor ejecución de las tareas, entre las que se destacan:

- Educativa: conocimiento del propio cuerpo, de las capacidades y necesidades físicas así como las propias limitaciones.
- Funcional: intervención de las capacidades necesarias para la realización de las conductas motrices.
- Cultural: adquisición, por la práctica, de las competencias y conocimientos relativos a las actividades físicas y deportivas.
- Utilitaria: acceso a los conocimientos relativos a la organización y al mantenimiento de la vida física.

Hay que tener en cuenta que se deberá preparar psicológicamente al niño o al joven para la actividad que se va a realizar con fin de atraer su atención y fomentar en él la motivación hacia el trabajo. La idea es que la persona se ponga en marcha conociendo el porqué de lo que va a realizar, por eso una buena estrategia consiste en vincular lo que se va a desarrollar ese día con el trabajo precedente o posterior, incluso comentando el éxito alcanzado en este tipo de tareas. Se puede motivar al niño con ejercicios que generen diversión y entretenimiento, o ejercicios en los que intervenga algún tipo de utensilio o material pequeño (como aros, cuerdas, pelotas, etc.), incluso se puede acompañar con música,

adaptando el ritmo al tipo de ejercicio que se va a realizar. Otra estrategia que puede ayudar a motivar al niño consiste en convertir esta minisesión de ejercicios en una competición, pero procurando que el objetivo sea el éxito basado en la mejora de las habilidades motrices, orientándolo a la persona hacia la tarea y no tanto a ser el mejor de todos.

Aplicaciones en el campo de la educación

Una buena idea sería que antes de iniciar cada clase se llevasen a cabo unos cinco minutos de ejercicios variados y divertidos, con el fin de no generar una rutina inútil y poco efectiva, en los que se incluyesen movimientos de motricidad gruesa, que consisten en acciones de grandes grupos musculares y posturales, movimientos de todo el cuerpo y de grandes segmentos corporales y movimientos de motricidad fina que consisten en acciones de pequeños grupos musculares de la cara, manos y los pies y sobre todo ejercicios de equilibrio, precisión y secuenciación de movimientos.

Por último, al acabar la clase no estaría mal desarrollar unos minutos de relajación; la relajación tiene una gran importancia en la reeducación y participa en ella a todos los niveles: tanto mediante el afinamiento del gesto, suprimiendo tensiones musculares superfluas y mejorando el control, como contribuyendo a la elaboración de la imagen corporal. Siguiendo a Lázaro (14), la relajación se utiliza en reeducación psicomotriz por dos razones: porque se trata de métodos con mediación corporal que ponen en relación el cuerpo del terapeuta y el del individuo, y porque atienden a la globalidad del ser humano, beneficiando conjuntamente los aspectos físicos y psíquicos, ejercen su acción sobre el tono muscular pero no se limitan a él, sino que tratan de lograr un control de la afectividad y de las emociones.

Uno de los métodos de relajación más utilizados es la *relajación progresiva* de Jacobson (15) que consiste en la ausencia de

cualquier contracción muscular para intentar conseguir la tranquilidad mental. El objetivo es enseñar a la persona a relajarse por medio de ejercicios en los que tense y destense alternativamente los distintos grupos musculares, con el fin de que sea capaz de identificar los músculos en tensión y aplique las habilidades aprendidas para relajarlos. Este método de relajación empieza estableciendo una sintonización de reposo. Con los ojos cerrados, se realiza un recorrido mental por todo el cuerpo intentado detectar cualquier sensación de tensión y tratando de relajarse. Seguidamente, se llevan a cabo los ejercicios de tensión y relajación. Mediante instrucciones verbales se va indicando de forma detallada qué debe hacer la persona y cómo debe sentirse, es decir, a qué tipo de sensaciones debe dirigir su atención. Cada ejercicio se realiza dos o tres veces seguidas, alternando períodos de tensión (aproximadamente diez segundos) con períodos de relajación (por lo menos tres veces más largos que los de tensión). Para finalizar, se realiza un recorrido mental por las zonas que se han relajado y se saldrá del estado de relajación flexionando y estirando las partes relajadas, y haciendo dos respiraciones profundas antes de abrir los ojos. Se trabajan 16 grupos musculares: frente, ojos, nariz, mandíbulas, lengua, labios, cuello, hombros, brazo derecho, brazo izquierdo, pierna derecha, pierna izquierda, espalda, pecho, estómago y vientre-nalgas-muslos.

Hay que tener en cuenta que este tipo de relajación requiere de un entrenamiento específico compuesto de varias sesiones. Su aplicación en niños no debe ser tan estructurada como se haría con adultos y requiere de un esfuerzo de creatividad para convertir las instrucciones en una especie de juego que ejemplifique la sensación que debería sentirse y cómo llegar hasta ella.

Además de los deportes y ejercicios motrices que puedan llevarse a cabo en el colegio los padres no deben olvidar fomentar el gateo y el equilibrio durante cinco minutos diarios en todas las edades; también vendría muy bien que en familia se fomentasen los deportes que exijan una buena coordinacion visomotriz, se-

CUADRO 9.1. Ejercicios de motricidad aplicados a niños/as en etapa escolar

Motricidad fina de cara	Estos ejercicios sirven para que el niño pronuncie correctamente los sonidos, hable con claridad y fluidez cuando va a expresarse: narrar un cuento.
Motricidad fina de pies	Estos ejercicios permiten coordinar mejor la marcha, la postura y evita deformaciones óseas.
Motricidad fina de manos	Estos objetos le brindan al niño una destreza motora fina, cuando realizan el agarre de un objeto, el atrape de una pelota, el trazado, dibujo y recorte de diferentes figuras ya que son premisas para la preescritura.
Giros	Rotación de la pelvis, rotación torácica y balanceo de los brazos. Movimientos articulares como: círculos del tronco en el plano horizontal buscando amplitud; giros del tronco en acción «guadaña», adelantando la misma pierna del lado en que se realiza el giro; círculo de brazos y cruce de brazos horizontales.
Gateos	También llamados ejercicios de «arrastre», consisten en el desplazamiento que se produce por la acción alternativa o simultánea de brazos y piernas, y en el que se da el contacto permanente del tronco con el suelo (13). Los ejercicios de cuadropedia consisten en el desplazamiento que se realiza sobre las manos y los pies en contacto con el suelo. Para realizarlos, se adelanta el pie y la mano del mismo lado, después con el pie y la mano del lado opuesto; y por último, adelantando primero las dos manos y seguidamente, los dos pies (salto del conejo).
Equilibrio	Hay tres tipos de ejercicios básicos de equilibrio: equilibrio dinámico espontáneo: se pueden introducir en otro tipo de ejercicios como la marcha, la carrera y el salto, a través de la modificación de los apoyos en el suelo (andar de puntillas, con los talones), desplazamientos con paros cuando indica el profesor y realización de los ejercicios con los ojos cerrados. Equilibrio en el suelo: cada persona empezará a mantener su equilibrio apoyada en una barra o respaldo, adoptando distintas posiciones: sobre la punta de los pies, apoyando un solo pie, elevando la rodilla por delante, elevando la pierna extendida por delante, elevando la pierna extendida a un lado, elevando la pierna extendida hacia atrás, apoyando el talón sobre la cara interna de la rodilla, etc. Después, variando la posición de los brazos (caídos, elevados en vertical o lateralmente) se va eliminando el apoyo. Cuando se domine este ejercicio, se prueba a mantener el equilibrio modificando la postura general del cuerpo,

CUADRO 9.1. *(Continuación)*

	apoyándose sobre un pie: se flexiona el tronco hacia delante y se lleva la otra pierna extendida hacia atrás. O flexionando el tronco hacia atrás y llevando la otra pierna extendida hacia delante. O flexionando el tronco hacia un lado y llevando la pierna estirada hacia el lado contrario. Se continúa manteniendo el equilibrio en la posición de cuclillas (tanto parado como en movimiento) cuidando la verticalidad de la espalda, y se acabará saltando a la pata coja en diferentes direcciones (hacia delante, hacia atrás lateralmente, siguiendo un trazo determinado, etc.); equilibrio elevado: utilizando un banco sueco como material, se realizarán ejercicios de marcha, carrera, arrastre y equilibrios, enseñando a la persona a no mirarse los pies, sino a una corta distancia delante de ellos.
Balanceos	Se realizarán movimientos continuos, haciendo traslados laterales de una pierna sobre otra, o bien flexionando alternativamente las rodillas cambiando el peso del cuerpo. También se puede hacer un movimiento muy suave de la cabeza, siguiendo tres pasos: rotación, flexión-extensión e inclinación lateral. Para el balanceo de los miembros superiores, se puede empezar con los dos brazos simétricos, balanceándose al mismo tiempo de delante a atrás y de un lado a otro. Después, se puede alternar brazo derecho/ brazo izquierdo hacia delante y hacia atrás. Después los dos brazos balanceándose al mismo tiempo con salida del lado opuesto. Finalmente, los dos brazos balanceándose al mismo tiempo realizando movimientos distintos (adelante-atrás, de izquierda a derecha).
Ejercicios anaeróbicos	Acción alternativa y progresiva de las piernas y un contacto continuo con la superficie de apoyo. Saltos: requiere el logro de una buena capacidad de coordinación dinámica general. Es una habilidad motriz en la que el cuerpo se suspende en el aire debido al impulso de una o ambas piernas y cae sobre uno o ambos pies. Se empieza con saltos en el suelo (en el sitio, siguiendo una línea, lateralmente, hacia atrás, con los pies juntos para pasar después a saltos con obstáculo. Otros tipos de saltos serían: saltos estimulantes sobre el terreno con una pierna, con los pies juntos o saltar una cuerda de diferentes maneras.
Ejercicios aeróbicos	Carrera: se entiende como una ampliación natural de la habilidad básica de andar, pero hay una fase en la que el cuerpo se lanza al espacio sin apoyarse en ninguna de las dos piernas. Es importante insistir en la elevación de las rodillas y la longitud de la zancada.

cuenciación y precisión de movimientos así como la danza, bailes y ejercicios rítmicos.

Referencias bibliográficas

1. JACKSON, H. (1932): *Selected writings of John Hughlings Jackson*, Londres, Hodder & Stoughton.
2. DE RENZI, E., FAGLIONI, P., LODESANI, M., VECCHI, A. (1983): «Performance of the left brain damaged patients on imitation simple movements and movements sequences. Frontal and parietal injured patients compared», *Cortex*, 19, 333-343.
3. MCCARTHY, R. A. y WARRINGTON, E. K. (1990): *Cognitive Neuropsychology. A clinical introduction*, Nueva York, Academic Press.
4. ORTIZ, T., GOODING, D. y AMINOFF, M. (1993): «Neural processing in a three choice reaction time task: a study using cerebral evoked potentials and single trial in normal humans», *J Neurophysiol*, 69, 5, 1499-1512.
5. JANKOWSKI, J., SCHEEF, L., HÜPPE, C., BOECKER, H. (2008): «Distinct striatal regions for planning and executing novel and automated movement sequences», *Neuroimage*, noviembre, 14.
6. DECETY, J., PERANI, D., JEANNEROD, M., BETTINARDI, V., TADARY, B., WOODS, R., MAZZIOTTA, J. C., FAZIO, F. (1994): «Mapping motor representations with positron emission tomography». *Nature*, octubre, 13; 371(6498): 600-602.
7. BINDER, J. R. y RAO, S. M. (1994): «Human brain mapping with functional magnetic resonance imaging». En A. Kertesz, *Localization and neuroimaging in neuropsychology*, Nueva York, Academia Press, pp. 185-212.
8. RANGANATHAN, V. (2001): «Think yourself Stronger», *Society for Neurosciencie, Annual meeting*, noviembre.
9. REQUENA, C. y ZAUZIAR, M. (2007): «Envejecimiento, actividad física y procesos psicológicos». En T. Ortiz, *Envejecer con salud*, Barcelona, Editorial Planeta.
10. AUCOUTURIER, B. (2000): «Placer de actuar, de ser y de pensar». Ponencia presentada en el II Congreso Estatal de Psicomotricidad: Movimiento, emoción y pensamiento. Madrid, INDIVISA, Boletín de Estudios e Investigación.

11. BERNALDO DE QUIRÓS ARAGÓN, M. (2007): *Manual de psicomotricidad*, Madrid, Ediciones Pirámide.
12. BLÁZQUEZ, D. (2004): *El calentamiento. Una vía para la autogestión de la actividad física*, Barcelona, Editorial INDE.
13. BERRUEZO, P. P. (2002): «Las conductas motrices». En M. Llorca, V. Ramos, J. Sánchez y A. Vega (cords.), *La práctica psicomotriz: Una propuesta educativa mediante el cuerpo y el movimiento*, Málaga, Aljibe.
14. LÁZARO, A. (1993): «La relajación: Aproximación a los grandes métodos», *Psicomotricidad*, 44: 53-70.
15. JACOBSON, E. (1938): *Progressive relaxation*, Chicago, University Press.

CAPÍTULO 10

APLICACIONES PRÁCTICAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

La neurociencia actual, probablemente, no es capaz de diseñar programas de enseñanza que permitan un desarrollo controlado del cerebro dirigido a la mejor adquisición de conocimientos, pero, sin embargo, el conocimiento de que actualmente se dispone puede ayudar a los educadores en el diseño de enseñanzas, actuaciones y sistemas de estimulación específicos para mejorar la actividad cerebral y por ende su capacidad, comprensión y ejecución de las funciones más complejas del ser humano.

Las primeras preguntas que se nos plantean en este capítulo es por qué es preciso conocer el cerebro del niño y del adolescente y por qué sería necesario un cambio en el proceso de aprendizaje o de enseñanza en esta etapa de la vida. Obviamente, los cambios profundos en la neuroanatomía y la neurofisiología del cerebro del niño, del adolescente y del adulto o mayor dan lugar a diferentes procesos cerebrales a la hora de elaborar y tomar decisiones frente a cualquier conducta. Recientemente, Ortiz (1), mediante un ejemplo de la vida de un adolescente y de su abuelo, exponía

en los siguientes términos las diferencias neurofuncionales y conductuales:

> Cuando suena el despertador nos encontramos con grandes diferencias, mientras que el abuelo no necesita del despertador porque su sueño es tan ligero que ya se encuentra despierto, el nieto oye el despertador y pone en marcha todo el sistema de alerta cerebral (sistema activador reticular ascendente) desde el tronco encefálico, pasando por los tálamos hasta llegar a la corteza temporal receptora auditiva primaria, puesto que necesita salir de ese profundo sueño reparador que ha disfrutado durante toda la noche, hecho que no se ha dado en el abuelo, pues sabemos que el sueño se altera en el envejecimiento.
>
> La segunda gran diferencia nos la encontramos nada más despertarse, por un lado nos encontramos con que el nieto se siente muy bien, positivo, optimista, con ganas de comerse el mundo, mientras que el abuelo mantiene un humor laxo y sin apenas cambios frente al día que van a comenzar juntos. Dos grandes rasgos neurofuncionales parecen justificar estos dos tipos de conducta, por un lado la gran actividad del hemisferio izquierdo, responsable del humor positivo, del nieto y por otro lado la actividad del sistema dopaminérgico (responsable del sentirse bien), ambos alterados e hipofuncionantes en el envejecimiento.
>
> La tercera gran diferencia la encontramos cuando ambos empiezan la preparación de las actividades de aseo, vestirse, arreglarse y el nieto le dice al abuelo que tiene mal la camisa o que se ha abrochado mal los botones, etc. ¿Que ha pasado a nivel cerebral? Pues que los programas motores responsables de las actividades de la vida diaria se resienten con el envejecimiento como consecuencia de alteraciones en los lóbulos parietales, responsables de la praxia y de la atención espacial.
>
> La cuarta gran diferencia la encontramos en la preparación del desayuno cuando el nieto le dice al abuelo, ¡abuelo, no te olvides de la mantequilla! y llega al abuelo a la mesa sin la mantequilla. ¿Qué ha pasado en el cerebro del abuelo? Pues que la atención dividida está muy disminuida y la memoria de trabajo necesaria para mantener varias cosas en un tiempo corto en el cerebro están disminuidas como consecuencia de alteraciones en estructuras dorsolaterales izquierdas del córtex prefrontal.

La quinta gran diferencia la encontramos cuando ambos se ponen a ver/oír las noticias y entre las noticias que oyen hay una que dice que «el gobierno va a negociar con ETA un alto el fuego definitivo, da los nombres de los negociadores, el lugar, la fecha de la negociación» y comentario del abuelo comenta el atentado de hace 30 años, pero no se acuerda ni de los nombres de los negociadores, ni del lugar de negociación ni la fecha de la misma. ¿Qué ha pasado en el cerebro del abuelo? Pues varias cosas, en primer lugar una falta adecuada de la recepción sensorial como consecuencia de alteraciones en su sistema visual/auditivo por efecto de alteraciones en las cortezas receptoras auditivas y visuales primarias: esto ha dado lugar a una falta en la capacidad de comprensión del lenguaje (hipofunción temporal izquierdo), de procesar bien los verbos (hipofunción del frontal izquierdo) y de asimilar bien la gramática (hipofunción del parietal izquierdo); el resultado es una gran falta de atención, interés y motivación por la noticia completa (hipofunción fronto-límbica) que da lugar a que el cerebro organice los recuerdos antiguos asociados con la noticia por la activación de redes neuronales estables fronto-parieto-temporales-amigdalinas-hipocámpicas. El resultado es que el abuelo no ha podido acceder a una nueva información (hipofunción del hipocampo) mientras que ha potenciado recuerdos anteriores profundamente marcados en su biografía. Pero a continuación aparece una noticia estupenda, el Real Madrid ha ganado la Copa de Europa, el nieto salta de alegría mientras que el abuelo permanece en un humor más estable. ¿Qué ha pasado en el cerebro del nieto? Pues que hay un aumento exagerado de la actividad neuronal de las redes orbitofronto-amigdalinas izquierdas que han motivado dicha conducta alegre.

La sexta gran diferencia la encontramos, una vez arreglados, desayunados y vistas las noticias, en la preparación de las actividades del día, mientras que el abuelo necesita de la agenda para ir anotando las cosas que van a realizar a lo largo del día, el nieto es capaz de mantener dichos contenidos gracias a su actividad y capacidad del córtex prefrontal que le van a permitir mantener no solamente la información, sino la secuencia y organización de la misma y a los lóbulos parietales que le van a permitir la localización de personas, lugares y objetos a lo largo del día.

> Por último, vamos a encontrar también grandes diferencias a la hora de tomar decisiones y de ejecutar las conductas del día; en este caso nos encontramos que el nieto va a querer hacer muchas cosas a la vez, de forma impulsiva sin meditar las consecuencias y sin prever los resultados, mientras que va a ser el abuelo el que le da las recomendaciones pertinentes para llevar a cabo la conducta que mejor beneficia a su nieto. Qué ha pasado en el cerebro para que sea el abuelo el que puede dirigir la conducta del nieto, pues que el abuelo tiene muchas más conexiones cerebrales estables asociadas a acontecimientos que ha vivido a lo largo de su vida; esto le da al abuelo una mayor capacidad en la toma de decisión de la conducta adecuada, mientras que el nieto tiene un mejor conocimiento descriptivo de las cosas (actividad temporo-parieto-occipital) el abuelo por experiencia sabe mejor lo que le conviene a su nieto (actividad orbitofrontal).

A la vista de lo anteriormente expuesto no cabe la menor duda de que existen diferencias en la estructura de nuestro cerebro a lo largo de la vida siendo la enseñanza un elemento básico para su modelación. No obstante, la pretensión del autor no es elaborar programas específicos de enseñanza o de educación, porque no soy especialista en el campo ni dispongo de los conocimientos psicopedagógicos necesarios para tal empresa. Lo que sí se pueden aportar en estos momentos son conocimientos sobre el cerebro que favorezcan programas de enseñanza para mejorar el aprendizaje escolar. En este sentido, la importancia de la actividad física, el sueño, el estado emocional, los ambientes enriquecidos, la nutrición y una gimnasia cerebral específica permitirán tener nuestro cerebro a punto para un mejor aprendizaje y desarrollo cerebral.

Por otro lado, también la neurociencia nos ayuda a entender cómo el cerebro aprende, y en este sentido los programas estimulares específicos podrían enseñarnos a mejorarlo sustancialmente. Probablemente, en un futuro no muy lejano los neurocientíficos ayuden a diseñar programas psicopedagógicos efectivos para un desarrollo organizado del cerebro de los niños; sin embargo, en la actualidad su función podría ser de apoyo y ayuda a

los pedagogos y maestros a la hora de valorar la eficacia de factores como frecuencia, forma, color, intervalos, intensidad, etc., de los estímulos, que deberán gestionarse de forma organizada y sistemática si se quieren lograr efectos específicos positivos en el desarrollo de conexiones cerebrales adecuadas. En definitiva, desde el punto de vista psicopedagógico se trata de entrenar, no de entretener; algo muy distante de los videojuegos. Dice Kathleen Madigan (2) que no podemos ir de la neurociencia a la clase, porque no sabemos bastante sobre neurociencia, pero también es verdad que sabemos mucho menos sobre la pedagogía. El futuro de una neuropedagogía está todavía lejano, sin embargo los primeros hitos hacia ella se pueden construir mediante los conocimientos que actualmente tenemos sobre ambas disciplinas.

Pretendemos, por tanto, por un lado, exponer diferentes argumentos y estudios que justifiquen la importancia de mantener el cerebro en forma y, por otro, sugerir y presentar programas estimulares específicos que permitan tanto una puesta a punto del cerebro que repercuta en una mejora en los procesos que intervienen en el aprendizaje, como una intervención cognitiva rehabilitadora en niños con problemas y/o trastornos de dichos procesos. La cooperación entre padres, educadores y neurocientíficos conseguirá un acercamiento óptimo a un buen desarrollo cerebral integral, en este sentido nuestro modelo justificaría tanto nuevas formas de enseñanza, aprendizaje, alimentarse, dormir, entretenerse, efectuar ejercicio físico o gimnasia cerebral, así como sistemas específicos de estimulación cerebral para la creación de nuevas neuronas, el entrenamiento de procesos cognitivos y su estabilización, en un proceso integral que abarcarían toda la vida diaria escolar del alumno (véase gráfico 10.1).

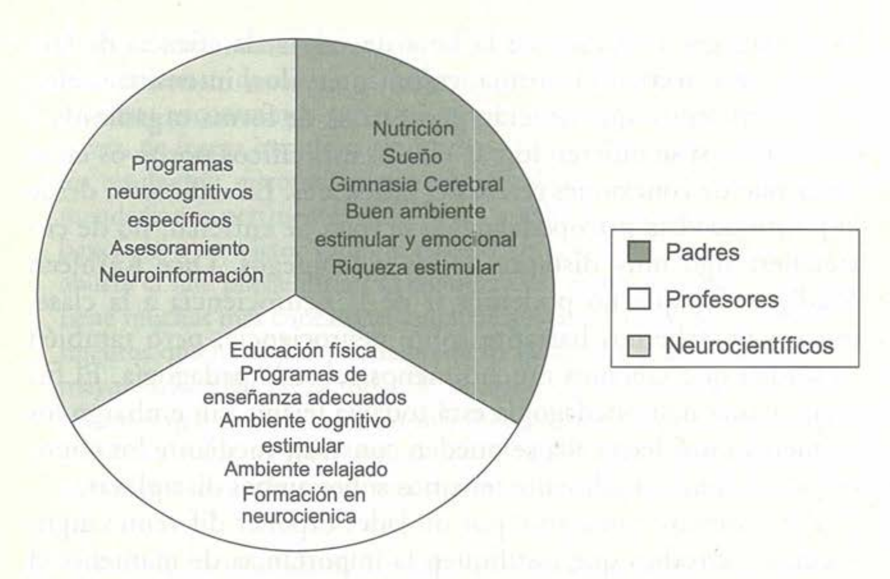


Gráfico 10.1. Modelo para un sistema de enseñanza integral en la mejora del desarrollo cerebral subyacente a los procesos cognitivos y educativos.

Mantenimiento de un buen estado cerebral

Nutrición

Los beneficios de una buena alimentación se traducen en un gran rendimiento del cerebro, el cual tendría muchas dificultades para realizar sus funciones si desde un principio no recibe los nutrientes necesarios que aporta una dieta equilibrada. No cabe la menor duda de que los estudios recientes sobre nutrición y cognición demuestran que la capacidad de aprendizaje, lenguaje, atención, memoria, funciones ejecutivas, rendimiento cognitivo y hasta los estados de ánimo están ligados al consumo de ciertas sustancias contenidas en alimentos específicos. La nutrición en el período prenatal y en los primeros cinco años de la vida de una persona es

clave para el desarrollo de todo el organismo. En la infancia la nutrición tiene una gran relevancia entre otras razones porque es una etapa de desarrollo de las membranas y de la mielina de nuestras neuronas, por lo que alimentos ricos en proteínas (carnes magras, pescados, mariscos, legumbres, lácteos con poca grasa) serán de gran relevancia en esta etapa de la vida.

Un aspecto relevante en la nutrición de los niños es que tengan siempre un nivel de glucosa estable durante el estudio, dado que niveles de glucosa bajos afectan directamente al aprendizaje y al rendimiento cognitivo (3). La importancia de vigilar la glucosa viene determinada porque el cerebro no tiene capacidad de reserva de hidratos de carbono de modo que dicha sustancia debe ser suministrada vía sanguínea constantemente si queremos un buen rendimiento cerebral. Existen muchos alimentos que pueden mantener la glucemia estable en nuestro cerebro y por lo tanto unas condiciones óptimas para el aprendizaje, tales como azúcares, miel, panes integrales, legumbres, cereales, frutas, verduras o leche mediante la lactosa.

Otro elemento importante en la nutrición del cerebro son los aminoácidos, entre los que cabe destacar el *ácido aspártico* (importante para las conexiones sinópticas y el aprendizaje) se encuentra en buenas cantidades en los cacahuetes, los huevos, las patatas, los granos y los germinados de semillas; la *colina* (utilizada para producir acetilcolina, un neurotransmisor vital en la transmisión de impulsos nerviosos a los músculos) se encuentra abundantemente en las habichuelas, en la soja, en el hígado y en los huevos; el *ácido glutámico* (utilizado en la producción de glutamato, un neurotransmisor que se cree que está involucrado en funciones cognitivas tales como la memoria y el aprendizaje) se encuentra en las harinas y las patatas; la *fenilalanina* (utilizada para la dopamina, un neurotransmisor con numerosas funciones entre ellas algunas relacionadas con el control de los movimientos y los estados de vigilia) se encuentra en buenas cantidades en la carne, los huevos, la remolacha, las habichuelas, la soja, los granos y las almendras; el *triptófano* (el cerebro lo utiliza para producir serotonina, un neu-

rotransmisor que desempeña un papel importante en la regulación de los estados anímicos, el sueño y el apetito, entre otras funciones como la atención y en la memoria) se encuentra en el plátano, la leche, el yogur, el queso, los huevos y la carne; por último la *tirosina* (se utiliza en la producción de noradrenalina, también conocida como norepinefrina, un neurotransmisor involucrado en las funciones relacionadas con la atención) se encuentra en carnes, pescados, leche, almendras, plátanos.

Las proteínas contenidas en alimentos de origen animal, especialmente en el hígado y los mariscos, contribuyen a la regulación de la capacidad intelectual y del estado de ánimo. Los ácidos grasos omega 3 tienen especial importancia en la nutrición cerebral por ser componentes importantes de las membranas celulares y en la vaina de mielina, lo que contribuye a una mejora en el desarrollo cerebral y en las funciones cognitivas; se encuentran principalmente en los peces de aguas frías y dulces (salmón, caballa, atún, arenque) y en la soja, nueces, aceite de lino (ácido alfalinoleico).

Una buena dieta debe incluir un aporte adecuado de minerales en virtud de los beneficios que éstos ofrecen al organismo. El calcio, por ejemplo, interviene en la transmisión de los impulsos nerviosos, el hierro influye en el rendimiento y en el transporte de oxígeno a las células, y el zinc parece estar relacionado con la actividad de los neurotransmisores. Otro elemento importante para el desarrollo y mantenimiento óptimo de cerebro es el hierro, la falta de hierro influye negativamente en el desarrollo del cerebro y en el rendimiento cognitivo (4). En un estudio llevado a cabo con jóvenes anémicas entre 9-14 años se comprobó que las niñas anémicas tenían peores resultados en los procesos cognitivos principalmente en los subtests de recuerdo de dígitos y memoria visual del Weschler (5). Para obtener calcio se debe ingerir leche y sus derivados, mientras que el hierro es posible encontrarlo en carnes, legumbres y frutos secos. Las ostras, los crustáceos, la carne de cordero y las leguminosas son alimentos ricos en zinc.

Todas las vitaminas del complejo B son cofactores del proceso de producción de neurotransmisores, específicamente la B1 (car-

ne de cerdo y levadura de cerveza), B6 (melón, pollo y plátano) y la B12 (hígado, huevos y queso), esta última es muy importante para contrarrestar el estrés y fortalecer la agilidad intelectual. En una revisión llevada a cabo por Bellisle (6) sobre los efectos de la dieta en el comportamiento y los procesos cognitivos llega a la conclusión de que niños y adolescentes con una dieta pobre en vitaminas tienen problemas cognitivos y que éstos pueden mejorarse con micronutrientes suplementarios a dicha dieta.

Una buena dieta rica en los componentes expuestos anteriormente asociada con un buen programa de ejercicios físicos son elementos primordiales para la mejora del desarrollo cerebral y consecuentemente de las funciones cognitivas en niños, adolescentes, adultos y personas mayores. Recientemente, Gómez-Pinilla (7) aporta una revisión de gran interés sobre la importancia de la alimentación, rica en nutrientes como los descritos anteriormente en las funciones cerebrales complejas.

Tan importante como la alimentación es beber agua regularmente a lo largo del día. Existen numerosos estudios que relacionan la deshidratación con una disminución de la capacidad física e intelectual de un individuo, independientemente de la razón que haya dado lugar a la deshidratación. Es más, la forma y tiempo de ingesta de agua también es importante para la mejora de las funciones motoras y cognitivas. En un estudio llevado a cabo con soldados se comprobó que aquellos que no recibieron agua durante una marcha de 4-5 horas quedaban completamente agotados al final de la marcha mientras que los que recibían agua cuando tenían sed evitaron el agotamiento; pero lo más curioso del experimento fue que el otro grupo que bebía agua cada 15 minutos, tuviesen o no tuviesen sed, llevaron a cabo la marcha de forma muy fácil a lo largo de todo el día y acabaron sin ninguna sensación de agotamiento.

Los diferentes estudios llevados a cabo en este campo manifiestan alteraciones importantes en las siguientes funciones cognitivas en sujetos con una deshidratación por encima del 2%: incremento de la fatiga, reducción en la velocidad y precisión en las res-

puestas a pruebas de funciones complejas, alteraciones en los procesos de discriminación, deterioro de la memoria a corto plazo, del recuerdo y de los procesos de atención, aritmética, etc. Cuando el nivel de deshidratación llega al 7% en estas condiciones, la disminución de las capacidades físicas e intelectuales se sitúa en torno al 40%. Otros datos experimentales interesantes nos indican que la ingesta de agua durante un ejercicio físico de más de 40 minutos disminuye a sensación subjetiva de fatiga y aumenta la capacidad de realizar cosas (8, 9).

La mayoría de los estudios concluyen que se debería beber alrededor de dos litros al día de ingesta líquida de agua en la mayoría de las personas. Entendemos que refrescos, infusiones u otro tipo de bebidas u alimentos muy ricos en agua también deben ser consideradas como ingesta de líquidos en nuestro organismo. Por ejemplo, la gelatina, un consumo habitual de gelatina, ayuda a mantener un buen equilibrio hídrico. La gelatina, colágeno hidrolizado, está compuesta casi en su totalidad por proteínas y agua, es baja en calorías, libre de colesterol y no contiene materia grasa.

No obstante, esta medida de la ingesta de líquidos no debe ser igual para todos, de hecho los niños hasta la adolescencia no debieran consumir agua por debajo de los dos litros. La consumición de agua también debería ser más baja en las mujeres y en función de la edad también es aconsejable que las personas mayores se mantengan en una alta ingesta de agua por encima de los dos litros diarios. No se puede ignorar tampoco las situaciones ambientales en las que el sujeto se encuentra, dado que tanto el ejercicio físico como las altas temperaturas ambientales pueden incrementar la pérdida de agua, hasta el punto de aumentar entre 2-6 veces más las necesidades hídricas diarias. La pérdida de agua mediante el sudor varía de acuerdo con diversos factores, tales como la intensidad y duración del ejercicio físico, la edad, el sexo, el entrenamiento, la aclimatación al calor, la temperatura, la humedad, el tipo de ropa y la tasa de sudor individual. Todos estos factores condicionan la cantidad de agua que deberíamos beber diariamente.

La mayoría de las personas beben agua en primer lugar cuando tienen sed y sobre todo durante las comidas, pero pocas personas se han planteado cuándo sería mejor beber agua y muy pocas disponen de una cultura que les permita llevar un régimen de ingesta de agua regular y metódicamente establecido, del mismo modo que está culturalmente bien establecida la regularidad en la ingesta de alimentos. A raíz de los estudios descritos anteriormente, parece que la hidratación mejor de nuestro organismo no ha de obedecer a cuando tengamos sed, sino que debemos educarnos para beber agua regularmente, algunos especialistas consideran conveniente beber regularmente de 8 a 10 vasos a lo largo del día.

Otro aspecto de la cultura de la ingesta de agua es la forma de beber, en la mayoría de los casos, sobre todo cuando se bebe agua porque se tiene sed, es beberla de forma rápida o de un solo trago, puesto que el objetivo es saciar la sed lo antes posible; una buena educación en la ingesta del agua nos lleva a tomarla de forma lenta y en pequeños sorbos.

De todo lo expuesto se deduce que si los niños distribuyeran correctamente una dieta de ingesta de agua a lo largo del día, si desayunasen bien y no alargaran el tiempo entre comida y comida probablemente los resultados tanto en la actitud como en los resultados del aprendizaje durante las clases mejorarían de forma considerable y si, además, en el colegio, se controlase tanto la cantidad como la forma de ingesta del agua —por ejemplo, si antes de comenzar cada hora de clase bebiesen un vaso de agua— probablemente los resultados en el aprendizaje durante las clases mejorarían de forma considerable.

Otro aspecto importante relacionado con la alimentación consiste en enseñar a comer bien a los niños y, sobre todo, a masticar bien; un reciente estudio llevado a cabo por Tucha y cols. (10) demuestra cómo el masticar chicle favorece los procesos de memoria de trabajo y el de recuerdo a corto y largo plazo de palabras aunque no se encuentren resultados significativos en lo referente a los procesos de atención.

Por su importancia decisiva, cabe insistir en los aspectos nutricionales, sobre lo que los niños deben comer a lo largo del día; por ejemplo, se sabe la importancia de un buen desayuno para un buen rendimiento escolar, en el caso de los niños, rico en cereales, frutas y lácteos. En un estudio llevado a cabo por Rampersaud (11) se comprueba que los niños que desayunan cereales, frutas y productos lácteos mejoran enormemente en su rendimiento escolar y en la capacidad cognitiva; por otro lado Taras (12) y Wesness (13) analizan la importancia de un buen desayuno en el rendimiento escolar en niños bien nutridos.

A lo largo de la mañana escolar, se debería tomar algún tipo de alimento, como por ejemplo fruta, yogur, queso, pan integral y, sobre todo, beber agua, con mayor motivo si se ha hecho deporte, esto garantizaría unos niveles óptimos de glucemia y un riego sanguíneo adecuado al cerebro; no olvidemos que una falta de líquido genera un mayor cansancio y un pobre rendimiento escolar, e incluso en muchos casos dolor de cabeza. Para mantener una buena capacidad intelectual después de la comida, ésta no debe ser abundante pero sí rica en proteínas, vitaminas y minerales. La merienda y la cena también tienen que estar controladas por los padres, con aportes de hidratos de carbono y sobre todo la cena ha de ser muy frugal y sin alimentos o bebidas estimulantes.

Quizás lo más importante a destacar, en nuestra sociedad, sea lo relativo al desayuno de los niños, si consiguiésemos que los padres creasen buenos hábitos de comida en el desayuno de sus hijos probablemente se lograría un hito importante en el desarrollo cerebral y cognitivo de los niños. El concienciar a los padres de la importancia de un buen desayuno va a ser básico para una mejora de la capacidad de aprendizaje y de la adaptabilidad escolar.

Sueño

Queremos dejar constancia, desde el principio, de la importancia que tiene el sueño en la la neuroplasticidad cerebral, manteniendo determinadas sinapsis, eliminando otras y reforzando ciertas conexiones entre áreas corticales y sobre todo en los procesos cognitivos, principalmente en la consolidación de la memoria. Una buena educación del sueño favorece los procesos de aprendizaje escolar, de hecho los niños con déficit de atención tienen también muchos problemas con el sueño. Recientes trabajos proveen evidencia empírica sobre la relación existente entre determinados estados de oscilaciones bajas de EEG durante el sueño en la consolidación de la memoria (14, 15, 16, 17).

El sueño posee una gran importancia en el mantenimiento y mejora de la memoria, recientemente varios investigadores han comprobado que el sueño no solamente es bueno después del aprendizaje para consolidación de la memoria (18, 19, 20) sino que es muy bueno en la preparación del cerebro para un buen aprendizaje (21).

La falta de sueño tiene por lo tanto efectos negativos en la salud física y sobre todo en la mental que afectan directamente al aprendizaje toda vez que conlleva problemas de memoria, falta de energía, falta de concentración, cambios de humor, mayor riesgo de accidentes, bajo rendimiento escolar y problemas en las relaciones personales.

El mayor cambio cuantitativo en el sueño con ondas lentas se produce a lo largo de la adolescencia, disminuyendo alrededor del 40% durante la segunda década de la vida, quizás ello suceda paralelamente a la pérdida de densidad sináptica cortical. El sueño con ondas lentas es máximo en los niños, disminuye marcadamente con la edad y es cualitativamente distinto del de los adultos.

Existen varias teorías sobre la importancia del sueño en las funciones cognitivas, por un lado diferentes investigadores consideran que durante el sueño se da un proceso de incorporación de los estímulos previos al sueño con una continuidad temática de los

contenidos, otros piensan que existe un proceso activo de consolidación de la memoria y de reelaboración de las experiencias y no de simple reproducción, aún otros postulan que la función principal del sueño REM es olvidar lo innecesario.

Especial atención requiere el control del sueño en la adolescencia cuando los cambios hormonales va a afectar directamente el ritmo de sueño; en la etapa adolescente el inicio del sueño se retrasa, debido en parte a los cambios bioquímicos que experimenta el joven en esta etapa de su vida; este retraso conlleva no pocas discusiones familiares, sobre todo en familias donde hay varios hermanos de distintas edades.

Las necesidades del sueño se modifican a lo largo de la vida, son individuales y dependen de muchos factores pero deberíamos dormir de forma regular un determinado número de horas que Domínguez y Domínguez (22) recomiendan que sean entre 7-9 horas para las personas adultas, entre 9 y 9,30 horas para los adolescentes y entre 10 y 11 horas a partir de los 6 años (véase cuadro 10.1).

CUADRO 10.1. Necesidades básicas de horas de sueño para un desarrollo normal del cerebro en función de la edad

Edad	*Horas de sueño*
Bebés hasta los 3 meses	16-18
Bebés de 4 a 12 meses	14-16
Niños de 1 a 2 años	13-14
Niños de 2 a 4 años	12-13
Niños de 3 a 5 años	11-13
Niños a partir de los 6 años	10-11
Niños de 12 a 18 años	9-9,30
Adultos	7-9

De todo lo expuesto se deduce que si los niños durmiesen sus horas reglamentarias siguiendo una pauta regular de acostarse y levantarse, probablemente los resultados tanto en la actitud como

en el aprendizaje durante las clases mejorarían de forma considerable.

Algunos consejos prácticos podrían ayudar a los niños a dormir mejor como, por ejemplo, no tomar alimentos, en la cena, con mucho condimento/grasas puesto que pueden producir una pesadez de estómago que despierta al niño por la noche; por otro lado, irse a dormir con hambre o muy saciado, puede también dificultar el sueño. Los niños de la Alcarria, zona rica en miel, están muy acostumbrados a beber leche caliente con miel para favorecer el sueño. No se deben tomar muchos líquidos antes de acostarse, hace que la persona tenga que levantarse para ir al baño e interrumpe el ciclo normal de sueño. El ejercicio moderado, sobre todo por la tarde, ayuda a conciliar el sueño más rápidamente y a obtener un sueño más profundo. Un baño con agua tibia antes de acostarse ayuda a dormirse más rápido. Los padres deben establecer para sus hijos como rutina una hora de irse a dormir y una hora de levantarse. No deben permitir a los niños ver la televisión antes de acostarse, la televisión emite ondas electromagnéticas que pueden producir problemas para conciliar el sueño y además los contenidos pueden generar en el niño preocupación, lo que conlleva retraso en el inicio del sueño. En cuanto a la habitación, es aconsejable que esté totalmente a oscuras durante el sueño, puesto que nuestro reloj biológico funciona con la luz y la oscuridad. Hay que evitar los ruidos alrededor de la habitación, incluido radio, música, etcétera. El silencio es la mejor ayuda para el inicio del sueño. La temperatura de la habitación debe estar alrededor de 22 grados, ni mucho calor ni mucho frío. Dormir en una buena cama es básico para conseguir un sueño reparador. Una buena forma de llegar a una rutina con los niños es seguir una guía diaria como la que se propone en el cuadro 10.2.

Sería de interés hacer un estudio sobre el inicio y contenido de las primeras clases en etapas adolescentes cambiando la organización de la enseñanza de tal forma que las primeras clases fuesen sencillas sin gran cantidad de contenidos, fáciles de llevar a cabo y a partir de las diez de la mañana, hora a la cual el reloj biológico

CUADRO 10.2. Guía de control y seguimiento del sueño

- Hora de acostarse
- Tiempo necesario para dormirse
- Número de despertares
- Hora de levantarse
- Duración total del sueño
- Calidad del sueño

de los adolescentes permite una mayor vigilancia y facilita el aprendizaje de materias más difíciles y complejas. Dejar dormir una hora más por la mañana a los adolescentes y empezar el colegio una hora más tarde, aunque se trataría de una idea tan orignal como efectiva, podría suscitar otro tipo de problemas sociales, familiares y probablemente de organización escolar.

Actividad física

Uno de los grandes errores de la educación pasada e incluso actual consiste en no haber integrado el movimiento en los sistemas educativos; hoy día se conocen las relaciones tan importantes que existen entre el movimiento y el aprendizaje, sobre todo en etapas tempranas de nuestra vida. La mayoría de los estudios actuales confirman la estrecha relación que tiene el cerebelo en la organización, precisión y adaptación de los movimientos con funciones cognitivas tan importantes como el aprendizaje, la memoria, la percepción, la atención, la toma de decisiones, etcétera.

Los estudios mediante actividad física reflejan que el ejercicio físico es un buen estimulante cerebral para la mejora del aprendizaje y la memoria, además de inducir otras mejoras en la dinámica cerebral e incluso en la estructura cerebral con aumentos significativos en el hipocampo (23, 24). Según Trejo y cols. (25), el ejercicio posee efectos beneficiosos sobre la función cerebral, tales como promover la neuroplasticidad y aumentar el rendimiento

del aprendizaje y la memoria, lo que puede ser debido al aumento de la expresión de varios factores neurotróficos. El ejercicio físico no solamente aporta oxígeno al cerebro, necesario para cualquier función cognitiva, sino que también aporta neurotropinas, verdaderos nutrientes cerebrales que obviamente van a mejorar tanto el crecimiento como las conexiones dendríticas, básicas en el aprendizaje escolar. El ejercicio realizado de manera repetitiva aumenta la magnitud y la estabilidad de dichas respuestas (26).

Muchos investigadores han propuesto la actividad psicomotriz como base para el aprendizaje escolar; en diferentes estudios se ha comprobado la eficacia de la danza en el aprendizaje, el lenguaje, la lectura y la atención; lo más curioso es que la relación entre el movimiento y el aprendizaje parece que continúa a lo largo de toda la vida, por lo que motivar, educar e implicar a los niños y adolescentes en esta actividad contribuirá a desarrollar mejor el cerebro y a mejorar a lo largo de su vida los procesos de aprendizaje. Los niños deberían por lo tanto desarrollar diferentes movimientos, tales como giros, equilibrio, gateo, balanceo, andar de puntillas, etc., a lo largo de la mañana en sesiones muy cortas o mejor incluir en el currículum educativo clases de danza, con el fin de mejorar los procesos de aprendizaje escolar (27).

También se ha comprobado que el ejercicio físico mejora sustancialmente los procesos emocionales y los estados de ánimo, consiguiendo estados positivos de bienestar que influyen en la puesta a punto del aprendizaje mediante una mayor motivación y una mejora en la propia capacidad de aprender, probablemente por efecto de una mejor actitud o predisposición a estudiar hacia el estudio.

De lo anterior se deduce que si los niños hiciesen una serie de ejercicios durante cinco minutos antes de cada clase probablemente los resultados tanto en la actitud como en el aprendizaje mejorarían de forma considerable. Por otro lado, la educación física debería acompañar todos y cada uno de los procesos de aprendizaje, una enseñanza sin educación física es una enseñanza pobre, puesto que el ejercicio va a mejorar procesos cognitivos tan

importantes como el aprendizaje, la memoria a largo plazo, el recuerdo, la creatividad, los tiempos de reacción e incrementar la precisión de los movimientos.

Gimnasia cerebral

Sabemos que el cerebro se desarrolla poco a poco en función de la estimulación recibida. Si bien es verdad que las células básicas del cerebro existen al nacer, la mayor parte de las conexiones entre las neuronas se hacen durante la infancia, la niñez y la juventud; sin embargo, la capacidad de aprendizaje se va desarrollando a lo largo de toda la vida adulta, inclusive en la vejez, en función de la estimulación. Por este motivo, es tan importante permanecer permanentemente activos en las diferentes funciones cognitivas a lo largo de la vida y no solamente durante la etapa escolar o universitaria.

La eficacia de la estimulación ha sido demostrada y replicada en una amplia diversidad de estudios; de hecho se sabe que la actividad regular y sistemática, así como un ambiente enriquecido y psicológicamente adecuado, estimula el crecimiento de nuevas células nerviosas, principalmente en una estructura implicada en los procesos de memoria llamada hipocampo, además de mejorar el aprendizaje y la memoria no solamente en niños sino también en adultos.

¿Por qué debemos potenciar nuestro cerebro?, porque nuestro cerebro tiene una extraordinaria capacidad para cambiar y modificarse en función del ejercicio y la estimulación, porque cuando hay ausencia de experiencias o de estímulos apropiados, existe una mayor probabilidad de reducir drásticamente la conectividad neuronal, porque un ambiente enriquecido en un contexto psicológica y ambientalmente adecuado multiplica los efectos neurofisiológicos de la estimulación, se pueden rehabilitar, potenciar y mantener las capacidades superiores del cerebro así como la regeneración neuronal.

¿Qué aspectos importantes sería necesario ejercitar de forma global en nuestro cerebro?, principalmente, las funciones básicas que sirvan para el resto de funciones cognitivas.

¿Cómo deberíamos hacerlo?, pues llevando a cabo una estimulación selectiva, sistematizada, organizada y controlada.

¿Cuándo deberíamos hacerlo?, a ser posible un par de veces al día.

¿Cuánto tiempo deberíamos dedicara la estimulación cognitiva?, pues alrededor de 20 minutos por sesión.

Si se llevan a cabo estas pequeñas orientaciones podremos conseguir un gran aumento de la capacidad cognitiva y además se pueden corregir determinadas disfunciones neuropsicológicas que afectan a la comprensión y/o expresión oral, estimulando los procesos que intervienen en la semántica cognitiva. De este modo se pueden rehabilitar déficits cognitivos o corregir trastornos cognitivos del desarrollo, que repercuten en el aprendizaje, mediante la estimulación de los procesos que intervienen en la atención, comprensión, memoria y razonamiento.

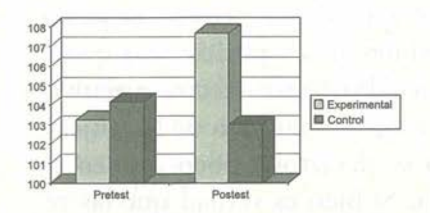
Entiendo la gimnasia cerebral desde un enfoque sistemático y diario, con una estructura de ejercicios específicamente definida y orientada a los fines propuestos. Al igual que en un gimnasio, cuando uno quiere optimizar los procesos físicos del cuerpo para coger fuerza, precisión o simplemente con el propósito de mejorar el tono vital, se deben realizar actividades físicas específicas de determinada forma; algo parecido ocurre con el cerebro, se necesita un entrenamiento diario si queremos mejorar los procesos básicos del cerebro que después serán utilizados en funciones complejas concretas y específicas.

En este enfoque de gimnasia cerebral no importan los contenidos sino los procesos básicos del conocimiento, principalmente la percepción, la atención y la memoria de trabajo. No se trata de aprender algo específico, para eso ya tienen los niños sus asignaturas, clases y ejercicios; se trata de ejercitar el cerebro para que esté en condiciones óptimas a la hora de asimilar, comprender, aprender y recordar los contenidos escolares.

Para un buen entrenamiento cerebral se exige por lo tanto una constancia en el ejercicio, que se lleve a cabo diariamente, que sea preciso, concreto y específico, que tenga una repetición, frecuencia y sistematización adecuadas. *Frecuencia, intensidad, sistematización* de patrones estimulares sencillos, con la «novedad» o repetición justa para crear los automatismos mínimos necesarios, sincronizados temporalmente para lograr la generación de nuevas conexiones cerebrales entre distintas áreas corticales y estabilizar procesos son elementos básicos para conseguir un buen aprendizaje escolar y promover el desarrollo cerebral integral.

En esta línea de pensamiento deberían de generalizarse la utilización diaria de aplicaciones informáticas de corta duración, con el objetivo de estimular y favorecer la dinámica cerebral subyacente a los procesos de aprendizaje, no tanto del aprendizaje en sí mismo que ya se lleva a cabo mediante los programas de enseñanza. Con este fin concreto, he elaborado un programa de estimulación y gimnasia cerebral de procesos cognitivos básicos (Supermat) de 20 minutos diarios que se viene aplicando y perfeccionando desde 1994, y que pretende mejorar el estado general del cerebro y prepararlo para una adquisición más rápida y precisa de funciones cognitivas complejas que intervienen en el aprendizaje escolar.

Los procesos cognitivos básicos estimulados en dicho programa son los siguientes: Memoria de trabajo. Atención. Selección y organización de estímulos. Procesos audiovisoespaciales. Visoaudiomotricidad. Motricidad ocular. Organización y Seguimiento Espacial, entre otras funciones básicas necesarias para un buen aprendizaje escolar. Durante los cursos 2001-2002 y 2002-2003 se llevó a cabo un estudio con 56 niños, alumnos de un colegio situado en la zona noroeste de la comunidad autónoma de Madrid, estudiantes del Primer Ciclo de Educación Primaria. Todos ellos pertenecientes un nivel socio-económico medio y a un nivel cultural medio-alto en el núcleo familiar. Los resultados nos permitieron concluir que el programa Supermat mejora de forma estadísticamente significativa la inteligencia general, la memoria y el razonamiento abstracto de los escolares del primer ciclo de



	RAVEN, P. D.		RAVEN, C. I.	
	Experimental	*Control*	*Experimental*	*Control*
Pretest	20,76	20,96	103,24	104,15
Postest	27,48	25,89	107,66	103,00
Diferencia entre pretesty postest	6,72	4.93	4,42	-1,15
Diferencias de mejora	1,79		5,57	

Gráfico 10.2. Gráfica que representa las diferencias entre el grupo experimental y el grupo control fueron en el test RAVEN convertidas a puntuaciones CI después de llevar a cabo el programa Supermat.

Educación Primaria (28) (véase www.cerebrovirtual.es) (clave: sup00124).

Cabe decir que también puede llevarse a cabo gimnasia mental mediante meditación o visualización, ejercicios que resultan muy efectivos y contribuyen a un gran desarrollo cerebral. Un estudio llevado a cabo con monjes que hacen meditación diaria comprobó la existencia de un gran desarrollo de conexiones y cambios de patrones neuronales, muy por encima de la población normal (29, 30).

Mantenimiento de una buena estimulación ambiental

Ambiente con riqueza estimular

Antes de comenzar este apartado conviene saber que un ambiente enriquecido no es igual que un ambiente hiperestimulado; el enriquecimiento ambiental conlleva un orden, tiempos de descanso, de silencio y diferentes tipos de estímulos novedosos.

Es obvio que el cerebro se desarrolla mejor en un ambiente estimular enriquecido; de hecho, estudios llevados a cabo con ratas en ambientes enriquecidos conseguían que éstas fueran más rápi-

das en las respuestas y mejoraban el aprendizaje pero no es ya tan claro que la hiperestimulación ambiental sea positiva, lo que sí está claro es que ambientes empobrecidos tienen efectos negativos en el desarrollo físico, emocional, social y cognitivo de los sujetos (31, 32). Sabemos que el cerebro se desarrolla poco a poco en función de la estimulación recibida. Si bien es verdad que las células básicas del cerebro existen al nacer, la mayor parte de las conexiones entre las neuronas se efectúan durante la primera infancia, la niñez y la juventud; sin embargo la capacidad de aprendizaje se va desarrollando a lo largo de toda la vida adulta y e incluso de la vejez, en función de la estimulación, por este motivo es tan importante estar permanentemente activos en diferentes funciones cognitivas.

Un aspecto interesante en el desarrollo del cerebro es su evolución irregular en el tiempo, es decir, existen determinados períodos en los que el cerebro está mejor equipado para adquirir ciertas habilidades cognitivas, a pesar de que los mayores logros se llevan a cabo en la niñez, las posibilidades de estimulación y aprendizaje neurofuncional continúan durante toda la vida.

Durante el proceso de estimulación y aprendizaje, es de destacar el papel relevante del aspecto emocional, puesto que la estabilidad emocional favorece enormemente los procesos de atención, aprendizaje y memoria, de ahí que el estrés altere enormemente dichos procesos.

La eficacia de la estimulación ha sido demostrada y replicada en una amplia diversidad de estudios; de hecho se sabe que la actividad regular y sistemática, así como un ambiente enriquecido y psicológicamente adecuado, estimula el crecimiento de nuevas células nerviosas, principalmente en el hipocampo (33, 34) y mejora el aprendizaje y la memoria no solamente en niños sino también en adultos. También se ha comprobado empíricamente que en el cerebro de mamíferos adultos se produce un crecimiento continuo de nuevas neuronas, o neurogénesis, y parece que el ejercicio ayuda a que dicho proceso suceda (35). Otros estudios además justifican la importancia de la atención en los ambientes

enriquecidos llegando a la conclusión de que además de mejorar dicho proceso existe un aumento considerable, entre un 3% a un 6% de una estructura cerebral implicada en la atención como son los colliculos superiores (36) y prestar atención también mejora la actividad de los núcleos basales y la reorganización de la actividad cortical (37).

Por otro lado, se sabe que el hipocampo, que es una estructura que está implicada en los procesos de memoria y que tiene una muy alta capacidad de plasticidad neuronal, suprime dicha capacidad de neurogénesis hipocampal, causando atrofia dendrítica por causa de estados dilatados de estrés (38). Es importante vigilar el estado emocional de los niños y evitar lo antes posible un estado permanente de estrés escolar.

Es asimismo recomendable potenciar la memoria de futuro durante varios minutos todos los días, de modo que el alumno pueda saber lo que tiene que hacer por la tarde, al día siguiente, etc. Este proceso activa la corteza fronto-polar mientras que potenciar memoria de sucesos que le ha pasado a lo largo del día (memoria episódica) potencia la corteza frontal e hipocampo. Es muy importante estimular la memorización en imágenes visuales, estimulan el hipocampo y corteza parieto-temporo-occipital, Einstein decía que cuando estaba pensando en números los imaginaba visualmente y es probable que el resultado de sus ejercicios matemáticos visuales haya sido una mayor extensión de neuronas en sus lóbulos parietales. Los lamas también piensan en imágenes, su cerebro tiene más actividad y con mayor número de neuronas en el hemisferio izquierdo.

Ambiente emocional equilibrado

El equilibrio emocional es un factor básico para lograr un buen aprendizaje; un buen ambiente emocionalmente estable tanto en casa como en el colegio será decisivo en la mejora de las capacidades cognitivas de los niños. No olvidemos que las emociones son

fundamentales para el aprendizaje y para la toma de decisiones, probablemente la mayoría de decisiones que se adoptan a lo largo del día vengan determinadas por las emociones. Por lo tanto, es imprescindible crear en los niños valores suficientemente estables, consistentes y prioritarios que faciliten el aprendizaje y estimulen la adquisición de nuevos conocimientos; ello permitirá una mejor integración entre las emociones y la toma de decisiones acertadas durante la jornada escolar. Las emociones equilibradas no solamente permiten tomar más rápidamente cualquier decisión sino que además tienen con mayor calidad y con menos errores que si dichas decisiones fuesen llevadas a cabo únicamente mediante procesos lógicos.

El conocimiento por parte del profesor de los conocimientos del alumno le permitirá desarrollar una mayor y mejor capacidad de comunicación, motivación y de generar más interés en el alumno. Es, pues, del máximo interés que el profesor sea capaz de generar un buen ambiente; la comunicación no verbal manifestada a través del tono, las expresiones, los movimientos, las sonrisas, etc., es fundamental para mantener la motivación y el interés del alumno en clase.

El ambiente familiar debería mantener la misma riqueza que el medio escolar mediante música, lecturas, ambiente de estudio, evitar ver la televisión, etc.; los padres deberían mantener conversaciones con los hijos sobre diferentes temas estudiados durante el día en la escuela. El efecto emocional de los padres es de suma importancia para el niño. La familia debería ser una continuación de la escuela aunque de una forma relajada, amigable, optimista, no exigente, integrada, en suma, en el contexto familiar.

Las imágenes afectan al estado emocional del organismo, de tal forma que imágenes aversivas activan la ínsula anterior, implicada en el control de la actividad autónoma, los ritmos cardíaco y respiratorio, el pulso, etc. Para mejorar el estado de ánimo, antes de cada clase convendría estimular a los niños con imágenes positivas, agradables, a ser posible sobre la materia a explicar.

Visualizar escenas violentas no sólo afecta al cuerpo, al sistema inmunitario y hormonal, sino también al cerebro emocional. Cómo reaccionan los alumnos el lunes cuando el equipo ha ganado frente a los alumnos del equipo que ha perdido, el alumno del equipo que ha ganado incrementa los niveles de testosterona, imprescindible para los procesos de navegación espaciales. Evitar que los niños vean en casa programas de televisión con escenas violentas, puesto que la imitación de actitudes, valores, comportamientos, conductas es fácil de adquirir en el niño. En el hogar se debería mantener un ambiente de estimulación positiva mediante programas especiales adaptados a los niños que favorezca la imaginación, las actitudes positivas y un estado emocional positivo.

Expresar emociones tanto en casa como en el colegio produce una mayor armonía cerebro-cuerpo, mientras que reprimirlas conlleva una gran disarmonía cerebro-cuerpo física, psicológica y de adaptación. Una buena forma de disminuir estados emocionales fuertes es mediante el ejercicio, el deporte y, en general, mediante actividades que impliquen movimiento.

Ambiente relajado y tranquilo

Es un hecho conocido que en ambientes tranquilos y relajados las posibilidades de concentración y mejora de las capacidades cognitivas aumentan de forma notable; de hecho, en las bibliotecas y los lugares de retiro lo que se busca es esa tranquilidad y la relajación ambiental para las personas que estudian. También se sabe que el cerebro, en estas condiciones de tranquilidad en la que los ritmos lentos cerebrales se incrementan, consigue una mayor capacidad de memoria. De todos los ritmos cerebrales asociados con funciones cognitivas (39) parece ser que la banda theta es la más asociada con procesos básicos asociados con la memoria. La banda theta es un ritmo cerebral de entre 3 y 7 ciclos por segundo (véase fig. 10.1) que se produce de forma aleatoria a lo largo del día en función de los diferentes estados emocionales, ambientales o espi-

rituales. Por ejemplo, se ha encontrado un aumento considerable de la banda theta en procesos de atención selectiva (40), durante la estimulación bimodal sensorial a nivel frontal (41), durante los procesos de codificación y recuerdo de memoria (42, 43, 44), durante los estados de meditación en los que existe un estado emocional positivo y una atención profunda (45, 46), así como en los procesos de integración cognitiva, asociación de funciones y control de la respuesta (47). Parece ser asimismo que la banda theta manifiesta una extensa actividad a lo largo de todo el cerebro (42, 48) y principalmente en el sistema hipocampal (49), que se considera esencial en los procesos de memoria.

Por otro lado, se sabe también que aquellos ambientes que generan ruido y estrés son perjudiciales para el aprendizaje y para cualquier otra actividad cognitiva. Diferentes estudios realizados con sujetos humanos evidencian las alteraciones cognitivas que produce el estrés. El estrés produce una alteración de la memoria verbal en el hombre y principalmente en la memoria espacial en las mujeres (50) también afecta a otros tipos diferentes de memoria, entre ellos y como más importante, a la memoria declarativa (51, 52) y genera, asimismo, alteraciones en los procesos de memoria a largo plazo, del aprendizaje verbal y de la consolidación y recuperación de la memoria (53, 54).

Se han encontrado efectos negativos en el desarrollo cerebral como consecuencia del estrés, de hecho se sabe que el estrés suprime la capacidad de neurogénesis hipocampal, causando atrofia dendrítica, alteración de la estructura y de la función del hipocampo, disminución de la plasticidad neuronal y excesiva actividad de la amígdala sobre el hipocampo (55, 56, 57). Estudios realizados con humanos han demostrado la existencia de un aumento importante de los niveles de cortisol en sujetos estresados, niveles que disminuyen al pasar la situación de estrés (58, 59).

Entre las recomendaciones prácticas orientadas a facilitar un medio escolar idóneo para el aprendizaje puede destacarse una buena ventilación en la clase dado que el aporte de oxigeno es básico en el desarrollo cerebral, una buena luz para mejorar la capa-

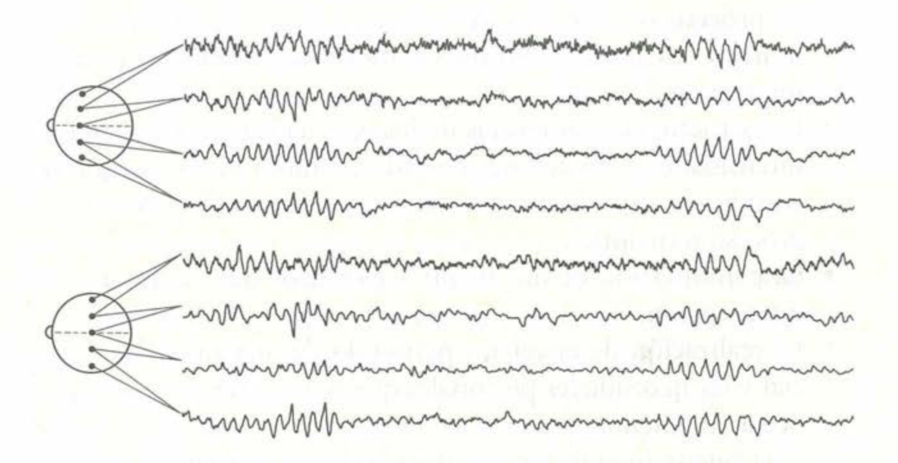


Figura 10.1. Representación de un ritmo theta.

cidad de discriminación y percepción del material educativo, un ambiente sin ruidos que ayude a mantener la atención durante más tiempo, un ambiente relajado y tranquilo con música y/o estímulos auditivos de baja frecuencia van a favorecer el aprendizaje y la memoria en general todas las funciones cognitivas propias de la enseñanza escolar.

Programas estimulares específicos

Existen muchos y diferentes programas psicopedagógicos que tienen como finalidad la mejora del aprendizaje y, en su caso, la reducción de sus dificultades; sin embargo, yo me inclino por los programas mediante ordenador como complemento a las recomendaciones expuestas en este capítulo, ya que, un buen programa de ordenador, permite integrar estímulos de formas diferentes para poder estimular el cerebro eficientemente mediante:

- El proceso de integración e interacción de la atención-memoria y funciones cognitivas durante la realización de cada intervención.
- La estructura y contenidos de los ejercicios y las frecuencias, intensidades y duraciones de cada estímulo de forma que se ajusten en cada momento a las capacidades del niño y a su proceso individual.
- La combinación de los distintos ejercicios que componen la intervención.
- La realización de ejercicios partiendo de una valoración inicial y las necesidades personales que se manifiesten a lo largo de su realización.
- Una buena interacción controlada de los estímulos, sus frecuencias, intensidades y duraciones, de forma que se ajuste en cada momento a las capacidades y progreso individual.

Lo expuesto anteriormente supone que, para obtener buenos resultados en la rehabilitación y/o estimulación de funciones cognitivas se hace imprescindible una intervención que estimule y rehabilite adecuadamente cada uno de los procesos implicados. Únicamente mediante una intervención apoyada en un soporte informático se hace posible que se cumplan todos los requerimientos anteriores, con el valor añadido de que se pueden seguir con total exactitud y vigilancia todas y cada una de las respuestas a los estímulos implicados en los ejercicios del tratamiento sin el control inmediato y la presencia permanente de un profesional.

La entrada de los ordenadores en nuestra vida diaria favorece la utilización de programas informáticos de estimulación cognitiva organizada (no videojuegos, que son para entretener) para la rehabilitación, estimulación o mejora de las funciones complejas cerebrales.

La estimulación cognitiva mediante programas de ordenador ha de tener como finalidad la estimulación organizada, mediante ejercicios sencillos, regulares y sistemáticos, con una dificultad creciente, acorde con las capacidades y progreso individual del

niño, utilizando, en función del objetivo final, estímulos simples y complejos de forma visual (imágenes, ideogramas, números, letras, sílabas, grupos consonánticos y vocálicos, palabras, y demás unidades lingüísticas) o auditiva (fonemas, tonos, onomatopéyicos, música, etc.) relativos a conceptos, objetos, situaciones y actividades de la vida diaria del niño.

La estimulación cognitiva mediante programas de ordenador tiene otra enorme ventaja, ya que se puede realizar en la propia casa después del colegio o antes de iniciar las clases; además de adecuarlo al ritmo de aprendizaje escolar, es fácil de utilizar y requiere un tiempo en torno a los veinte minutos diarios.

Un programa de ordenador de estimulación cognitiva adecuado debe reunir, al menos, los siguientes requerimientos:

Flexibilidad, rapidez y objetividad *Programación individualizada*	*Feedback frecuente e inmediato* *Motivación mediante*
— currículum modular y jerárquico — velocidad de estímulo y respuesta controladas — énfasis de claves predeterminadas — control de la complejidad — claridad de presentación — repetición y sobreaprendizaje	— éxito en cada nivel — estimulación del interés — instrucción personalizada — ausencia de establecimiento de juicios — ausencia de sensación de amenaza

Los atributos primarios de los programas informáticos son su flexibilidad, objetividad y rapidez. Diseñados de forma apropiada, estos programas pueden mejorar de forma significativa el entrenamiento cognitivo ofreciendo un *feedback* frecuente e inmediato mediante ejercicios que se realizan de forma modular e individualizada, con el fin de conducir al individuo a lo largo de las tareas. Los estímulos pueden presentarse de forma muy clara y de forma consistente y objetiva y los resultados de su aplicación pueden establecerse de igual manera.

Durante los últimos años se han diseñado multitud de programas que pueden utilizarse como herramientas de aprendizaje. Estos programas se han aplicado a la memoria, los procesos perceptivos, la coordinación mano-ojo, los ejercicios verbales, la concentración, atención, memoria, etcétera (véase www.cerebrovirtual.es) (clave: sup00124).

Referencias bibliográficas

1. ORTIZ, T. (2007): «Rejuvenecer el cerebro: importancia del entrenamiento cognitivo». En T. Ortiz, *Envejecer con salud*, Barcelona, Editorial Planeta.
2. KATHLEEN, Madigan (2001): «Buyer beware: too early to use brain-based strategies». *Basis Education Online. Edition 45*, Oregón, abril.
3. SCHÄCHINGER, H., COX, D., LINDER, L., BRODY, S., KELLER, U. (2003): «Cognitive and psychomotor function in hypoglycemia: response error patterns and retest reliability». *Pharmacol Biochem Behav.* julio, 75(4): 915-920.
4. MCCANN, J. C., AMES, B. N. (2008): «Is there convincing biological or behavioral evidence linking vitamin D deficiency to brain dysfunction?», *FASEB J.*, abril, 22(4): 982-1001.
5. SEN, A., KANANI, S. J. (2006): «Deleterious functional impact of anemia on young adolescent school girls». *Indian Pediatr*, marzo, 43(3): 219-226.
6. BELLISLE, F. Effects of diet on behaviour and cognition in children. Br J Nutr. 2004 Oct.; 92 Suppl 2: S227-232.
7. GÓMEZ-PINILLA, F. (2008): «Brain foods: the effects of nutrients on brain function», *Nature Review Neuroscience*, julio, 9, 568-578.
8. MAUGHAN, R. J., SHIRREFFS, S. M. y WATSON, P. (2007): «Exercise, heat, hydratation and the brain», *J American Collage Nutrition*, 26, 5, 604S-6012S.
9. GRANDJEAN, A. C. y GRANDJEAN, N. R. (207): «Dehydration and cognitive performance», *J American Collage Nutrition*, 26, 5, 549S-554S.
10. TUCHA, O., MECKLINGER, L., HAMMERL, M., LANGE, K. W. (2004): «Effects of gum chewing on memory and attention: reply to Scholey», *Appetite*, octubre, 43(2): 219-223.
11. RAMPERSAUD, G. C., PEREIRA, M. A., GIRARD, B. L., ADAMS, J., METZL, J. D. (2005): «Breakfast habits, nutritional status, body weight, and acade-

mic performance in children and adolescents». *J Am Diet Assoc*, mayo, 105(5): 743-762.

12. TARAS, H. (2005): «Nutrition and student performance at school». *J Sch Health*, agosto, 75(6): 199-213.
13. WESNESS, K. A., PINCOCK, C., RICHARDSON, D., HELM, G., HAILS, S. (2003): «Breakfast reduces declines in attention and memory over the morning in schoolchildren», *Appetite*, 41, 3, 329-331.
14. HUBER, R., GHILARDI, M. F., MÁSSIMINI, M. y TONONI, G. (2004): «Local sleep and learning», *Nature*, 430, 6995, 78-81.
15. MARSHALL, L., HELGADOTTIR, H., MOLLE, M. y BORN, J. (2006): «Boosting slow oscilations during sleep potentiates memory», *Nature*, 444, 19, 7119, 610-613.
16. JI, D. y WILSON, M. A. (2007): «Coordinated memory replay in the visual córtex and hippocampus during sleep», *Nature Neuroscience*, 10, 1, 100-107.
17. RASCH, B., BÜCHEL, B., GAIS, y BORN, J. (2007): «Odor cues during slow wave sleep prompt declarative memory consolidation», *Science*, 9, 315, 5817, 1426-1429.
18. BORN, J., RASCH, B., GASI, S. (2006): «Sleep to remember», *Neuroscientist*, 12, 410-424.
19. RAUCHS, G., BERTRAN, F., GUILLERY-GIRARD, B., DESGRANGES, B., KERROUCHE, N., DENISE, P., FORET, J., EUSTACHE, F. (2004): «Consolidation of strictly episodic memories mainly requires rapid eye movement sleep», *Sleep*, 1, 27 (3), 395-401.
20. PALLER, K. A., VOSS, J. L. (2004): «Memory reactivation and consolidation during sleep», *Learn Mem.*, 11(6), 664-670.
21. YOO, S. S., HU, Pt., GUJAR, N., JOLESZ, F. A., WALTER, M. P. (2007): «A deficit in the ability to form new human memories without sleep», *Nat. Neurosci*, 10(3), 385-392.
22. DOMÍNGUEZ, L. y DOMÍNGUEZ, E. (2007): *Enseñar a dormir a los niños*, Madrid, Espasa.
23. VAN PRAAG, H., SCHINDER, A. F., CHRISTIE, B. R., TONI, N., PALMER, T. D. y GAGE, F. H. (2002): «Functional neurogenesis in the adult hippocampus», *Nature*, 415, 1030-1034.
24. VAN PRAAG, H. (2008): «Neurogenesis and exercise: ast and future directions», *Neuromol Med*, 10, 128-140.
25. TREJO, J. L., CARRO, E., TORRES-ALEMÁN, I. (2001): «Circulating insulin-like growth factor I mediates exercise-induced increases in the num-

ber of new neurons in the adult hippocampus», *J Neurosci*, 21: pp. 1628-1634.

26. GÓMEZ-PINILLA, F., YING, Z., OPAZO, P., *et al.* (2001): «Diferencial regulation by exercise of BDNF and NT-3 in rat spinal cord and skeletal muscle», *Eur J Neurosci*, 13: pp. 1078-1084.
27. JENSEN, E. (2008): *Cerebro y aprendizaje*, Madrid, Narcea.
28. SASTRE, S. (2005): *Programa multimedia de desarrollo de capacidades en alumnos del primer ciclo de Educación Primaria.* (Tesis Doctoral). Madrid, Universidad Complutense.
29. PAGNONI, G., CEKIC, M. (2007): «Age effects on gray matter volume and attentional performance in Zen meditation», *Neurobiol Aging.* agosto, 28(10): 1623-1627.
30. BREFCZYNSKI-LEWIS, J. A., LUTZ, A., SCHAEFER, H. S., LEVINSON, D.B., DAVIDSON, R. J. (2007): «Neural correlates of attentional expertise in long-term meditation practitioners», *Proc Natl Acad Sci U S A.* Julio 3; 104(27): 11483-11488.
31. COLVERT, E., RUTTER, M., KREPPNER, J., BECKETT, C., CASTLE, J., GROOTHEUS, C., HAWKINS, A., STEVENS, S., SONUGA-BARKE, E. J. (2008): «Do theory of mind and executive function deficits undelie the adverse outcomes associated with profound early deprivation?: findings from the English and tomanian adoptees study», *J. Abnorm Child Psychol*, octubre, 36(7): 1057-1068.
32. RUTTER, M., COLVERT, E., KREPPNER, J., BECKETT, C., CASTLE, J., GROOTHEUS, C. (2007): «Early adolescent outcomes for institutionally-deprived and non deprived adoptees, I. Disinhibited attachment», *J Cild Psychol and Psychiat.*, 48, 17-30.
33. GREENWOOD, R. S., PARENT, J. M. (2002): «Damage control: the influence of environment on recovery from brain injury», *Neurology*, noviembre, 12;59(9): 1302-1303.
34. GHEUSI, G., ROCHEFORT, C. (2002): «Neurogenesis in the adult brain. Functional consequences», *J Soc Biol*,196(1): 67-76.
35. VAN PRAAG, H., CHRISTIE, B. R., SEJNOWSKI, T. J., GAGE, F. H. (1999): «Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice», *Proc Natl Acad Sci USA*, noviembre 9; 96(23): 13427-13431.
36. FUCHS, J. L., MONTEMAYOR, M. Y GREENOURGH, W. T. (1990): «Effect of environmental complexity on the size of superior colliculus», *Behavioral Neural Biology*, 54, 2, 198-203.

37. KILGARD, M. P., MERZENICH, M. M. (1998): «Cortical map reorganization enabled by nucleus basalis activity». *Science*. marzo, 13; 279(5357): 1714-17188.
38. MCEWEN, B. S. (2002): «The neurobiology and neuroendocrinology of stress: Implications for post-traumatic stress disorder from a basic science perspective», *Psychiatric Clinics of North America*, 25, 2, 469-494.
39. BASAR, E., BASAR-EROGLU, C., KARAKAS, S. Y SCHURMANN, M. (2001): «Gamma, alpha, delta and theta oscillations govern cognitive processes», *International Journal of Psychophysiology*, 39, 241-248.
40. BASAR-EROGLU, C., BASAR, E., DEMIRALP, T. Y SCHURMANN, M. (1992): «P300-response: possible psychophysiological correlates in delta and theta frequency channels: a review», *International Journal of Psychophysiology*, 13, 161-179.
41. BASAR, E. (1999): *Brain function and oscillations. Brain Oscillation: principles and approaches*, Springer, Berlin-Heildelber.
42. GEVINS, M., SMITH, M., MCEVO, Y. L. Y YU, D. (1997): «High resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effects of task difficulty, type of processing and practice», *Cerebral Córtex*, 7, 374-385.
43. KAHANA, M. J., SEELIGN, D. Y MADSEN, J. R. (2001): «Theta returns», *Current Opinion in Neurobiology*, 11, 739-744.
44. VAN STRIEN, J. W., HAGENBEEK, R.E., STAM, C. J., ROMBOUTS, A. Y BARKHO, F. F. (2005): «Changes in brain electrical activity during extended continuous word recognition», *Neuroimage*, 26, 952-959.
45. AFTANAS, L. Y GOLOCHEIKINE, S. (2001): «Non-linear dynamic complexity of the human EEG during meditation», *Neuroscience Letters*, 330, 143-146.
46. AFTANAS, L. Y GOLOCHEIKINE, S. (2002): «Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: high-resolution EEG investigation of meditation», *Neuroscience Letters*, 310, 57-60.
47. TEPLAN, M., KRAKOVSKA, A. y STOLC, S. (2006): «EEG responses to long-term audio-visual stimulation», *International Journal of Psychophysiology*, 59, 81-90.
48. STAM, C. J., VAN WALSUM, A. M. V. y MICHELOYANNIS, S. (2002): «Variability of EEG synchronization during a working memory task in healthy subjects», *International Journal of Psychophysiology*, 46, 53-66.
49. BASTIAANSEN, M. y HAGOORT, P. (2003): «Event-induced theta responses as a window on the dynamics of memory», *Córtex*, 39, 967-992.

50. BOWMAN, R. E., BECK, K. D., LUINE, V. N. (2003): «Chronic stress effects on memory: sex differences in performance and monoaminergic activity». *Horm Behav.* enero, 43(1): 48-59.
51. BREMNER, J. D., VYTHILINGAM, M., VERMETTEN, E., SOUTHWICK, S. M., MCGLASHAN, T., STAIB, L. H., SOUFER, R., CHARNEY, D. S. (2003): «Neural correlates of declarative memory for emotionally valenced words in women with posttraumatic stress disorder related to early childhood sexual abuse». *Biol Psychiatry.* mayo, 15; 53(10): 879-889.
52. BRASTED, P. J., BUSSEY, T. J., MURRAY, E. A., WISE, S. P. (2003): «Role of the hippocampal system in associative learning beyond the spatial domain», *Brain*, mayo, 126(Pt 5): 1202-1223.
53. KIM y DIMOND (2002): «The stressed hippocampus, synatic plasticity and los memories». *Nat Rev Neurosci*, junio, 3(6): 453-462.
54. ROOZENDAAL, B. (2002): «Stress and memory: opposing effects of glucocorticoids on memory consolidation and memory retrieval», *Neurobiol Learn Mem*, noviembre, 78(3): 578-595.
55. MCEWEN, B. S., MAGARINOS, A. M. (2001): «Estres and hippocampal plasticity: implications for the pathophysiology of affective disorders», *Hum Psychopharmacol*, enero, 16(S1): S7-S19.
56. ROOZENDAAL, B., PHILLIPS, R. G., POWER, A. E., BROOKE, S. M., SAPOLSKY, R. M., MCGAUGH, J. L. (2001): «Memory retrieval impairment induced by hippocampal CA3 lesions is blocked by adrenocortical suppression». *Nat Neurosci*, diciembre, 4(12): 1169-1171.
57. MCGAUGH, J. L., MCINTYRE, C. K., POWER, A. E. (2002): «Amygdala modulation of memory consolidation: interaction with other brain systems», *Neurobiol Learn Mem*, noviembre, 78(3): 539-552.
58. AL'ABSI, M., BONGARD, S., BUCHANAN, T., PINCOMB, G., LICINIO, J. y LOVALLO, W. R. (1997): «Neuroendocrine and hemodynamic responses to extended mental and interpersonal stressors», *Psychophysiology*, 34, 266-275.
59. VDHARA, K., HYDE, J., GILCHRIST, I. D., TYTHERLEIGH, M. Y PLUMMER, S. (200): «Acute stress, memory, attention and cortisol», *Psychoneuroendocrinology*, 25, 6, 535-549.

EPÍLOGO

EL RETO DE LA NEUROPEDAGOGÍA

El interés personal y objetivo del libro nace de la observación, cada vez más frecuente, sobre los conocimientos que poseen nuestros hijos, la forma en la que se adquiere este conocimiento y, sobre todo, del resultado final con el que nos encontramos en la universidad; cada curso académico que pasa nos hace pensar más en los primeros años de enseñanza y de aprendizaje escolar. El cómo se asimila el vasto y rico espectro de estimulaciones diarias, incluidas las de la enseñanza escolar, a las que se ven sometidos los cerebros de nuestros pequeños resulta fundamental para el desarrollo del cerebro y para la toma de decisiones ante los diferentes problemas a los que se enfrenta el niño diariamente y para la adecuada adaptación al medio ambiente social, familiar y emocional en el que el niño se desenvuelve.

En el plano pedagógico me ha llamado la atención el cambio tan importante de los procesos de aprendizaje realizados por medio de la vía auditiva, en los cuales se basaba la enseñaza de hace ya muchos años a los procesos de aprendizaje visual en los que se

desenvuelven nuestros niños en la actualidad. También es de destacar el cambio en cuanto a la cantidad y variedad de estímulos visuales que reciben los niños de ahora frente a los de épocas anteriores. Por último, llama la atención la vertiginosidad o rapidez en la estimulación diaria que sufren nuestros niños de hoy en día y, lo que es más grave, la falta de tiempo, de reposo, de análisis para procesar adecuadamente tanta información.

En el plano familiar y social cabe destacar el cambio tan espectacular en los llamados valores tradicionales, que en la enseñanza de hace algunos años eran tan importantes y sólidos para fundamentar la motivación hacia el estudio, la cultura y el aprendizaje. Me preocupa el poder de la televisión como sustituta de los padres, la falta de atención por parte de los padres hacia el seguimiento de los estudios de sus hijos, probablemente por culpa del trabajo. Me asusta la falta de tiempo de los niños para deporte, ocio, reflexión, participación en juegos con otros niños de su edad y la hiperestimulación desordenada a la que son sometidos diariamente.

Reivindico desde estas páginas la tranquilidad y reposo frente al ruido y multiplicidad de actividades, el tiempo de análisis de la información frente a la rapidez de las respuestas, el aprendizaje auditivo frente al visual, la música frente a la televisión, el ejercicio frente a la pasividad, el conocimiento preceptivo (el cómo) frente a conocimiento descriptivo (el qué), la sabiduría frente a los conocimientos, el hemisferio derecho (responsable de la novedad) frente al izquierdo (responsable de la rutina), los períodos de reflexión y elaboración de la información frente a la hiperestimulación diaria a la que se ven sometidos los niños de hoy.

Los avances en la neurociencia nos van a ayudar a entender determinados procesos del desarrollo madurativo del niño en relación con la enseñanza, a reanalizar nuevos conceptos sobre el cerebro, a entender mejor el problema de los dos hemisferios, dando importancia al hemisferio izquierdo responsable del conocimiento sintetizado, de los patrones neuronales establecidos, de las situaciones familiares y escolares rutinarias, último en deterio-

rarse para mantener el conocimiento acumulado y al hemisferio derecho en la importancia que tienen en el análisis de situaciones nuevas, conocimientos y aprendizajes de estímulos novedosos. De gran importancia para el aprendizaje escolar van a servir los conocimientos recientes que nos permiten entender la prioridad del hemisferio derecho en la asociación heteromodal mientras que el izquierdo está más relacionado con la asociación de modalidades específicas o la capacidad de hemisferio derecho en conectar áreas cerebrales muy lejanas mientras que el izquierdo se limita a conexiones con áreas adyacentes.

Todos estos conocimientos van a ayudar a maestros y padres a entender el aprendizaje escolar como un proceso ávido en novedades que estimulan el hemisferio derecho para a lo largo de la enseñanza consolidar dicha información mediante el hemisferio izquierdo, a comprender la importancia de la enseñanza en la modulación del cerebro, la importancia del ambiente rico estimularmente en la generación de neuronas, la trascendencia que tiene la nutrición, la hidratación, el sueño, la música o el deporte en el aprendizaje escolar. También ayudará este libro a entender el valor de la gimnasia cerebral mediante estímulos diarios estructurados, sistematizados y adecuados a cada niño y cada edad.

Los nuevos estudios llevados a cabo mediante neuroimagen funcional nos dejan entrever la posibilidad de un cerebro más holístico en funciones complejas, donde las redes neuronales capaces de integrar en el tiempo diferentes estructuras, áreas y centros cerebrales, juegan un papel importante en el conocimiento real del funcionamiento cerebral durante tareas cognitivas.

No cabe la menor duda de que todavía mantenemos una ordenación topográfica del cerebro que da origen a diferentes sistemas en los que se integran diferentes circuitos cerebrales, como por ejemplo el sistema tálamo-cortical, capaz de recibir toda la información sensorial, analizarla y enviarla al córtex cerebral, el sistema difuso de activación cerebral compuesto por estructuras cerebrales troncoencefálicas tales como el locus ceruleus, los núcleos del rafe, etc., y el sistema de integración y ejecución de forma paralela

del análisis de los estímulos, el futuro del desarrollo cerebral pasa por una gran capacidad del cerebro en generar cada vez más nuevas conexiones y redes neuronales en función de la estimulación, enseñanza o educación recibida. Sabemos la importancia que tiene usar el cerebro, y de usarlo bien en esta etapa escolar de la vida, entre otras razones, porque la plasticidad cerebral hace por un lado que tengamos más capacidad para poder expandir nuestras conexiones y redes neuronales y por otro mantener y potenciar lo que tenemos ya muy asentado; si hemos desarrollado durante la etapa escolar un buen sistema de redes neuronales y de adquisición de las mismas, el futuro de nuestro cerebro está asegurado.

Aprender mal es un mal camino para un buen desarrollo cerebral, primero porque se pierde mucho tiempo en mejorar de nuevo el aprendizaje y segundo, y más importante, porque lo mal aprendido ocupa mucho espacio en nuestro cerebro. El cerebro ocupa más tiempo en desaprender algo que ha sido elaborado a lo largo del tiempo erróneamente que en aprender bien cosas nuevas. Una forma de aprender mal y que no contribuye a generar y fortalecer las conexiones neuronales para poder establecer circuitos cerebrales estales es el carácter aleatorio del aprendizaje por lo que los profesores deben saber que la organización, secuenciación y repetición de los procesos de aprendizaje son básicos para desarrollar y mantener los circuitos neuronales mientras que la aleatoriedad sirve para estimular y mantener activo el cerebro.

Para un buen aprendizaje, la motivación y la atención van a ser básicas, por dos motivos, primero porque el alumno va a ser capaz de conseguir el aprendizaje mucho más rápido si está muy motivado y segundo porque mediante la atención lo aprendido va a durar mucho más dado que la red neuronal establecida permanecerá durante mucho más tiempo estable. Si este proceso lo repetimos en el tiempo se conseguirá una mayor destreza en la conducta adquirida y una mayor precisión, rapidez y velocidad en las conexiones neuronales. Si, por último, queremos que dicha conducta se afiance definitivamente, la recompensa positiva a la misma será

definitiva sobre todo porque los procesos de recompensa cerebrales segregan dos neurotransmisores importantes en la consolidación de las redes neuronales establecidas, como son la dopamina y la acetilcolina.

El futuro de la aproximación al funcionamiento del cerebro subyacente a funciones cognitivas estará en el procesamiento temporal de la información, la sincronización de áreas específicas y la conectividad entre diferentes áreas para dar respuesta a los diferentes procesos cognitivos. En otras palabras, las neuronas que disparan al unísono se asocian más rápidamente mientras que las que disparan por separado no tienen posibilidades de generar redes neuronales estables. En este sentido, a pesar de que en varios capítulos del libro he abordado las funciones cognitivas desde una perspectiva localizacionista al identificar áreas concretas y específicas responsables de diferentes funciones cognitivas, mi punto de vista es que las funciones cognitivas están distribuidas a lo largo del córtex y subcórtex en distintas redes neuronales integradas y que cambian constantemente en función de las estimulaciones nuevas recibidas que por un lado mejorarán la red existente y por otro generarán nuevas conexiones con otras redes cerebrales.

Las perspectivas más recientes sobre cognición se centran en la estructura y la dinámica de conectividad entre redes neuronales de gran escala. La conectividad nos indica el grado de interacciones funcionales que se producen entre diferentes estructuras cerebrales. Estas conexiones neuronales conforman circuitos o redes que permanecen plásticos durante toda la vida, reflejando el desarrollo y la historia de las experiencias del individuo. Para entender estas redes hay que tener en cuenta que las oscilaciones son una característica de la actividad de las neuronas, y se considera que la sincronización de dichas oscilaciones constituyen un mecanismo de comunicación neuronal.

Por tanto, la caracterización de esta nueva dimensión permitiría entender de manera más específica la organización de los mecanismos neuronales que sustentan la cognición humana. Los potenciales de acción de neuronas individuales no son indepen-

dientes los unos de los otros, más bien se relacionan en asambleas neuronales mediante sincronización. Un incremento en la sincronización entre dos grupos de neuronas podría inducir potenciación a largo plazo, dando como resultado la asociación de las propiedades de los estímulos que han activado esas neuronas generando nuevos aprendizajes. Son numerosos los trabajos que aportan evidencias respecto al interés de las oscilaciones cerebrales y su sincronización en el terreno del aprendizaje. El incremento-decremento de la sincronización puede ser interpretado como el inicio y terminación de la transferencia de información entre las diferentes estructuras implicadas.

Un reciente estudio, mediante magnetoencefalografía, ha demostrado que, cuando se observa la actividad de los estímulos posteriormente recordados frente a los no recordados, la potencia de las bandas gamma y theta se incrementa para los primeros respectos de los segundos. Es probable que estas dos bandas de frecuencia theta y gamma estén relacionadas entre sí pero la interpretación funcional de estas coincidencias fisiológicas todavía está por llegar. Mientras llegan, lo que sí parece claro es que las dinámicas temporales de sincronización neuronal son básicas para entender la cognición humana.

En lo que sigue se presenta, en forma de mensajes, el destilado de recomendaciones que, apoyadas en la evidencia neurocientífica disponible, se dirigen a padres, profesores, alumnos y neurocientíficos:

Primer mensaje. Entendemos que la participación de los padres en este modelo educativo propuesto debería estar orientada a generar en el hogar un ambiente rico en experiencias culturales, estímulos educativos y de conocimientos escolares así como una actitud positiva de los padres hacia el estudio que faciliten un aprendizaje implícito en casa. Generar motivaciones positivas hacia la cultura y aprendizaje escolar. Favorecer un ambiente musical con poca televisión, realizar gimnasia cerebral orientada a mejorar y en su caso a rehabilitar diferentes funciones cognitivas y/o escolares, vigilar el sueño, la nutrición e hidratación del hijo. Favore-

cer un ambiente emocional estable, tranquillo comunicativo, los padres deberían hablar mucho con sus hijos. Los padres no deberían olvidar la importancia del movimiento en los procesos de aprendizaje y en este sentido deberían prestar atención a que sus hijos hiciesen todos los días unos minutos de ejercicios motrices de equilibrio, precisión, secuenciación y coordinación de movimientos (el gateo, el seguir una línea con ojos abiertos y cerrados y manos extendidas, el estar unos segundos a la pata coja, el secuenciar movimientos con los dedos de la mano cada vez más rápidos, etc., son básicos para la mejora del aprendizaje escolar). También deberían ponerse como objetivo pedagógico prioritario jugar todos los días unos minutos con sus hijos a juegos en los que favorezcan las funciones ejecutivas (principalmente la flexibilidad cognitiva, el control de la inhibición y la memoria de trabajo). Por último, no olvidar que la habitación donde los niños aprenden debe estar muy bien iluminada, con una temperatura de alrededor de los 22 grados y sin ruidos.

Segundo mensaje. En un futuro próximo, la intervención de los profesores deberá estar inspirada en nuevos modelos de enseñanza más orientados al desarrollo de las capacidades específicas cerebrales de cada niño, a crear un ambiente estimular escolar positivo con contenidos académicos cortos y precisos, clases muy dinámicas y novedosas, gran aumento de la motivación, educación física, educación musical, diferentes tipos de bailes, danzas o ballet, ambiente relajado, introducción de música o determinados ritmos tonales, que propicien la atención, memoria o aprendizaje, en las clases. Es básico que los profesores tengan una buena formación en neurociencia y que conozcan los últimos avances en el conocimiento de las funciones cerebrales y su aplicación al ámbito escolar. En otras palabras, sabemos que el maestro sabe enseñar contenidos que favorecen los procesos cognitivos pero debería aprender a enseñarlos en las mejores condiciones posibles a la luz de los nuevos conocimientos sobre cómo el cerebro atiende, aprende, memoriza y soluciona problemas.

Tercer mensaje. Los alumnos deberían mantener un buen nivel de ejercicio físico, sueño, buena alimentación e hidratación, estudio combinado con relajación y motivación positiva. Los tiempos de descanso cerebrales son importantísimos para un buen aprendizaje, como podríamos entender una pieza musical sin los tiempos de silencio entre una nota y otra, o los tiempos de cada una de las notas, pues en el aprendizaje cerebral es igual, necesitamos esos tiempos de descanso entre un aprendizaje y otro y necesitamos esos tiempos cortos de aprendizaje propiamente dicho. Si mis profesores y mis padres hubiesen tenido los conocimientos de que disponemos actualmente, cuánto hubiese cambiado mi vida escolar y cuánto hubiera mejorado mi cultura alimenticia, mi sueño, mis motivaciones positivas, etc.; hoy sería dueño de un cerebro más rico en neuronas, más rico en conexiones, más rico en la adquisición de conocimientos y más rico en la capacidad de solución de problemas, es decir, mucho más rico en sabiduría. El futuro de nuestro cerebro va a estar directamente relacionado con el trato que le dediquemos en esta etapa escolar.

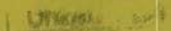
Cuarto mensaje. La participación de los neurocientíficos en la enseñanza incorporará en el currículum escolar programas específicos de estimulación cerebral cognitiva, información a padres y maestros de los nuevos avances en el conocimiento del cerebro así como el seguimiento científico de los resultados, con el consecuente asesoramiento a padres y profesores y el desarrollo de programas informativos de estimulación para la mejora del cerebro funcional. También los neurocientíficos deberían contribuir a desarrollar conjuntamente un programa de actividades, conocimientos, experiencias que nos lleven a desarrollar investigaciones que permitan una mejora importante en un futuro próximo del aprendizaje escolar, en otras palabras desarrollar una nueva disciplina, la neuropedagogía, capaz de acercar los conocimientos actuales y futuros sobre nuestro cerebro a la enseñanza y educación. Como ha demostrado la neurociencia, si contamos con una dieta equilibrada y potenciada en la mejora de la actividad cerebral, si

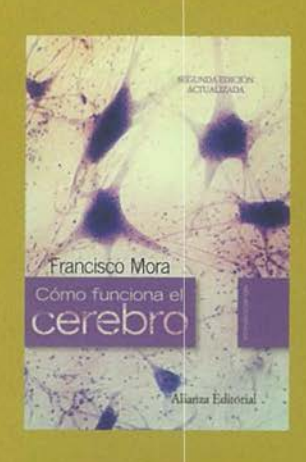
mantenemos ambientes ricos en estímulos, si dedicamos a nuestro cerebro programas de estimulación y mejora del mismo que permitan la creación de múltiples conexiones neuronales y de nuevas neuronas lograremos un buen aprendizaje y desarrollo cerebral que moldearán nuestro cerebro durante toda la vida.

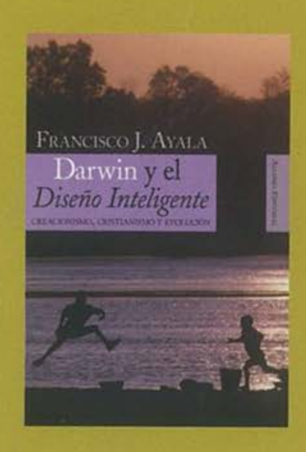
Por último, los maestros y padres tienen que saber que el cerebro genera neuronas a lo largo de toda la vida pero con una mayor intensidad en etapas escolares; esta creación de nuevas neuronas y sobre todo el área donde se crearán dependen de la actividad cognitiva que desarrollen los niños, cuanto más se ejercite el cerebro más neuronas vamos a crear. Está en manos de padres y maestros diseñar los lugares cerebrales y las redes neuronales donde generar nuevas neuronas, es decir, está en sus manos esculpir y moldear el cerebro de sus hijos y alumnos.

Para terminar, creo que el buen maestro con buenos libros y conocimientos, el alumno con esfuerzo y aplicación, los padres con vigilancia y seguimiento del progreso educativo de sus hijos y los neurocientíficos apoyando con información, investigación y desarrollo de programas neuropedagógicos contribuiremos entre todos a mejorar la calidad de enseñanza y aprendizaje de niños y adolescentes.

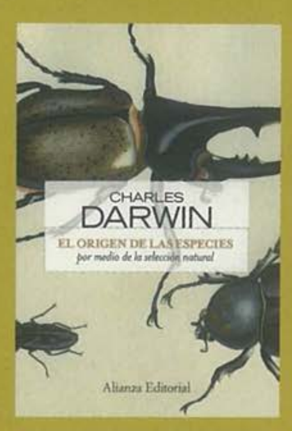
La neuropedagogía tiene el reto de conocer mejor el funcionamiento del cerebro, de estudiar e investigar *dónde, cuándo y cómo* generar más neuronas y conexiones cerebrales en base a la enseñanza y de contribuir a un desarrollo integral del cerebro de los niños.




SEGUNDA EDICIÓN
ACTUALIZADA
Francisco Mora
Cómo funciona el
cerebro
Alianza Editorial


Francisco J. Ayala
Darwin y el
Diseño Inteligente
Creacionismo, cristianismo y evolución


Ana Barahona
Francisco J. Ayala
El siglo de
los genes
PATRONES DE EXPLICACIÓN EN
GENÉTICA
Alianza Editorial


CHARLES
DARWIN
EL ORIGEN DE LAS ESPECIES
por medio de la selección natural
Alianza Editorial

NeuroCiencia y Educación

El objetivo primordial de este libro es la aproximación del mundo de la neurociencia a la práctica diaria de la enseñanza en niños y adolescentes. Integrar los conocimientos del cerebro y aplicarlos a la educación constituye un trabajo muy arduo, difícil y de gran complejidad. A lo largo de estas páginas, el autor muestra los últimos conocimientos sobre el cerebro en relación con los procesos de aprendizaje y desarrollo durante la niñez y la adolescencia y expone cómo estos avances científicos pueden influir en la enseñanza y en la educación.

Sin embargo, otro objetivo, más modesto, consiste en estimular a padres y profesionales de la enseñanza a que amplíen sus conocimientos sobre los avances en el estudio del cerebro, para que puedan utilizar un mismo lenguaje y participar conjuntamente en futuros desarrollos de programas neuropedagógicos, que tendrían un enorme impacto individual y colectivo tanto por su eficacia, como por su rentabilidad social. El autor destaca la importancia que tienen los padres en la educación y modulación del cerebro de sus hijos y propone diferentes programas de actuación para el control del sueño, la nutrición, el ambiente emocional, social y familiar, así como diferentes programas psicopedagógicos que ayuden a sus hijos a desarrollar mejor su cerebro y consecuentemente mejorar los procesos de aprendizaje escolar.

3487124
ISBN 978-84-206-9774-1
9 788420 697741



Alianza Editorial